SCHL CMHC

Question habitation, comptez sur nous

Canada

Projet de recherche de la SCHL
Évaluation d'éléments de construction assurant l'étanchéité à l'air

Présenté à :

M. Jacques Rousseau
SCHL
Directeur de projet

Société canadienne d'hypothèques et de logement

Division de la mise en oeuvre des projets
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

Rapport n° 30132.OR/226 août 1991

93-02329/

ALSO AVAILABLE IN ENGLISH UNDER THE TITLE:

CMHC Research Project Testing of Air

Barriers Construction Details

La Société canadienne d'hypothèques et de logement, l'agence canadienne de l'habitation, a la responsabilité d'administrer la Loi national sur l'habitation.

Cette Loi vise à améliorer le logement et les conditions de vie des Canadiens. La Société doit donc s'intéresser à tous les aspects de l'habitation et du développement urbain.

Aux termes de la Partie IX de la Loi, le gouvernement du Canada verse à la SCHL les fonds dont elle a besoin pour mener des travaux de recherche sur les aspects sociaux, économiques et techniques de l'habitation et des domaines connexes, et pour en publier et diffuser les résultats. La SCHL est donc tenue, par son statut même, de mettre à la disposition du public toute l'information susceptible de contribuer à l'amélioration de l'habitation et des conditions de vie.

La présente brochure est l'un des nombreux documents d'information publiés par la SCHL avec l'aide financière du gouvernement fédéral.

DÉNÉGATION DE RESPONSABILITÉ

La présente étude a été menée par Morrison Hershfield Limited pour le compte de la Société canadienne d'hypothèques et de logement, aux termes de la Partie IX de la Loi nationale sur l'habitation. L'analyse, les interprétations et les recommandations qu'elle contient sont celles du Centre de recherche en gestion de l'UQAM; elles ne reflètent donc pas nécessairement les vues de la Société canadienne d'hypothèques et de logement ou du personnel de ses divisions qui a collaboré à la préparation et à la publication de l'étude.

RÉSUMÉ DE L'ÉTUDE

Depuis quelques années, on s'intéresse de près à l'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment. On a constaté que les fuites d'air sont généralement attribuables aux détails d'exécution, là où il se trouve des joints ou des raccordements entre les matériaux, ou encore, aux points de branchement des services ou d'autres éléments plutôt qu'aux matériaux destinés à assurer la protection primaire contre les fuites.

La SCHL a commandé la présente étude en vue de quantifier l'ampleur des fuites imputables à trois éléments particuliers de la construction dans les murs à ossature de bois. Il s'agit de : la solive de rive, des prises électriques et de la baie de fenêtre. Trois techniques d'étanchéisation ont donc été évaluées :

1. la technique de la membrane interne scellée, où le polyéthylène scellé au mastic d'étanchéité sert de pare-air (méthode ci-après désignée par l'abréviation POLY);

2. la technique du pare-air extérieur, dans laquelle une membrane continue perméable à la vapeur (un film d'oléfine filé-lié en l'occurrence), est intercalée entre deux épaisseurs de revêtement mural extérieur (méthode ci-après désignée par l'abréviation EASE);

3. la technique des plaques de plâtre étanches à l'air, qui consiste en un système formé du revêtement intérieur en plaques de plâtre, de l'ossature et de joints d'étanchéité (méthode ci-après désignée par l'abréviation ADA).

En outre, afin d'offrir un point de comparaison, la méthode classique de construction à ossature à bois, qui ne suppose aucun effort particulier en vue d'assurer la continuité du pare-air, a été incluse dans l'étude.

Les douze éprouvettes utilisées consistaient en des panneaux de 1,22 m sur 2,44 m illustrant les trois détails d'exécution susmentionnés et réalisés selon les quatre techniques de construction décrites ci-dessus. Pour les essais, les éprouvettes ont été scellées à l'ouverture d'un caisson d'essai dont on pouvait faire varier la pression interne par rapport à la pression régnant à l'intérieur du laboratoire de manière à susciter l'infiltration ou l'exfiltration d'air et à soumettre l'éprouvette à des charges uniformes simulant l'action du vent. Les panneaux furent soumis à une série de différences de pression allant de 50 Pa à 1 000 Pa. On a mesuré les fuites d'air à chaque échelon de pression et consigné tout signe de défaillance du pare-air. De même, on a pris des mesures à deux ou trois étapes pendant l'assemblage de chacune des éprouvettes afin de déterminer les effets des différents composants sur le système d'étanchéité et les effets des charges dues au vent simulées sur l'intégrité des éléments du pare-air à divers stades de la construction.

Toutes les éprouvettes comportaient une ossature de bois de 38 mm sur 89 mm (2 po sur 4 po) et un revêtement intérieur fait de plaques de plâtre de 12 mm d'épaisseur. Le revêtement extérieur variait selon la technique utilisée : panneaux de fibres semi-rigides de 50 mm d'épaisseur pour les éprouvettes POLY et ADA, panneaux d'aggloméré de 12 mm pour la technique classique et film d'oléfine filé-lié (Tyvek) intercalé entre deux panneaux de fibres de 12 mm d'épaisseur dans la technique EASE.

Sur les éprouvettes de solives de rive, la face extérieure de la solive dans le montage POLY était enveloppée d'un film d'oléfine scellé au moyen d'un mastic acoustique à la membrane pare-air/pare-vapeur en polyéthylène qui recouvrait de façon continue la face interne du panneau. L'éprouvette EASE n'a demandé aucun traitement spécial, puisque le feuilletage du revêtement extérieur se prolongeait sans interruption par-dessus la solive de rive. Dans l'assemblage ADA, une garniture d'étanchéité en mousse éthafoam a été posée dans tous les joints verticaux, depuis les rives des plaques de plâtre jusqu'à la lisse d'assise. Sur le panneau classique, un pare-vapeur en polyéthylène a été intercalé entre l'ossature de bois et les plaques de plâtre, sans que l'on fasse d'effort délibéré pour en sceller les extrémités; le revêtement extérieur d'aggloméré recouvrait la face extérieure de la solive sans solution de continuité.

Sur le panneau de fenêtres POLY, le pourtour extérieur du châssis de fenêtre a été garni de languettes de contreplaqué avant d'être posé dans le bâti d'attente, un pare-air en polyéthylène a ensuite été scellé au contreplaqué au moyen de mastic acoustique. Dans l'assemblage EASE, on a enveloppé le bâti d'attente d'une membrane d'oléfine et rempli l'interstice de calage de mousse d'uréthanne simple. Sur l'éprouvette ADA, l'interstice de calage a été recouvert d'une bande de ruban textile adhésif. Enfin, sur l'éprouvette de construction classique, on a découpé dans la pellicule de polyéthylène une ouverture aux dimensions du bâti d'attente et comblé l'interstice de calage au moyen d'isolant en laine de verre.

En ce qui a trait à l'installation des prises électriques, sur le panneau POLY, des boîtiers en polyéthylène ont été enchâssés dans un support de contreplaqué encastré entre les montants. Les rebords de ces boîtiers ont été scellés au pare-air en polyéthylène au moyen de mastic acoustique. On a ensuite installé une boîte électrique à l'intérieur de chacun des boîtiers, que l'on a clouée au montant adjacent à travers le boîtier. L'ouverture au

dos de chacune des boîtes, servant au passage du câblage électrique, a été scellée au moyen de mastic acoustique. L'éprouvette EASE n'a nécessité aucun soin particulier, puisque la boîte électrique n'a pas traversé le revêtement feuilluré. Sur le panneau ADA, on a simplement percé une ouverture dans les plaques de plâtre aux dimensions de la boîte et mis un joint alvéolaire plat entre les plaques de plâtre et le couvercle de la boîte électrique. Aucune mesure n'a été prise pour assurer l'étanchéité de la boîte électrique dans la méthode d'assemblage classique.

Les résultats d'essai obtenus pour la solive de rive démontrent que les taux de fuites des éprouvettes POLY, EASE et ADA correspondaient respectivement à 24 %, à 18 % et à 10 % du taux mesuré pour le panneau classique à la différence de pression de référence de 75 Pa. Au cours des essais du panneau POLY avant la pose du revêtement mural intérieur, un des joints de mastic acoustique entre les membranes de polyéthylène et d'oléfine a accusé des signes de défaillance à 50 Pa en mode d'infiltration. Sur le panneau classique, le principal élément de résistance aux fuites s'est avéré le revêtement d'aggloméré.

Pour les éprouvette de boîtes électriques, on a obtenu sur les panneaux POLY et EASE des taux de fuites respectifs de 24 % et de 36 % supérieurs aux taux du panneau classique à une différence de pression de 75 Pa. À ce chapitre, les performances du panneau ADA ont été quelque peu inférieures à celles du panneau classique en raison de la brèche dans le système pare-air autour des boîtes électriques.

En ce qui a trait aux fenêtres, la meilleure tenue en service fut celle du panneau ADA; les panneaux POLY et EASE ayant obtenu des résultats similaires. Dans tous les cas cependant, les taux de fuites se sont révélés inférieurs de 15 % à ceux du panneau classique.

Lors des test effectués avant la pose du revêtement intérieur, on a également constaté des signes de défaillance dans le système pare-air du panneau POLY à l'endroit du joint entre le film de polyéthylène et le contreplaqué autour du châssis de fenêtre. Ces défaillances se sont manifestées en mode d'infiltration à une différence de pression de 100 Pa.

Somme toute, les résultats obtenus démontrent que tous les panneaux, à l'exception de ceux construits selon la méthode classique et le panneau de prises électriques ADA, offrent une tenue en service supérieure aux normes en vigueur pour les murs rideaux en verre ou en aluminium, mais que seul le panneau de fenêtres ADA satisfait à l'objectif suggéré par les chercheurs du CNRC. Les trois méthodes conviennent donc à la construction des murs de maisons R-2000, car elles satisfont aux normes d'étanchéité de ce programme. Il appert toutefois que la construction de la fenêtre soit l'aspect qui recèle les plus grandes possibilités quant à l'amélioration de l'étanchéité générale de la maison.

Certaines des techniques mises en oeuvre dans les différents détails d'exécution en vue de réaliser une étanchéité à l'air efficace peuvent être mises à profit dans plus d'un système pare-air.

En dernière analyse, certains doutes subsistent quant aux risques d'altérations permanentes des joints réalisés au mastic acoustique selon la méthode POLY lorsque ces derniers sont soumis à des vents de force moyenne ou grande en cours de construction avant la pose du revêtement intérieur.

TABLE DES MATIÈRES

		Page
1.	INTRODUCTION	1
2.	OBJECTIFS ET PORTÉE DE L'ÉTUDE	3
	2.1 Objectifs	3
	2.2 Portée	3
3.	MÉTHODES DE CONSTRUCTION VISANT À RÉDUIRE LES FUITES D'AIR	5
		5
	3.1 Méthode POLY (membrane de polyéthylène et mastic acoustique)	5
	3.2 Méthode EASE (pare-air extérieur)	6
	3.3 Méthode ADA (plaques de plâtre étanches à l'air)	6
4.	MÉTHODOLOGIE	7
	4.1 Appareillage d'essai	7
	4.2 Équipement et instrumentation	9
	4.3 Procédure d'essai	9
5.	DESCRIPTION DES PANNEAUX D'ESSAI	11
	5.1 Solive de rive	11
	5.1.1 Panneau n° 1 - Méthode POLY	11
	5.1.2 Panneau n° 2 - Méthode EASE	13
	5.1.3 Panneau n° 3 - Méthode ADA	13
	5.1.4 Panneau n° 4 - Méthode traditionnelle	14
	5.2 Boîtes de sortie électrique	14
	5.2.1 Panneau n° 5 - Méthode POLY	14
	5.2.2 Panneau n° 6 - Méthode EASE	16
	5.2.3 Panneau n° 7 - Méthode ADA	16
	5.2.4 Panneau n° 8 - Méthode traditionnelle	16
	5.3 Assemblage de fenêtre	16
	5.3.1 Panneau n° 9 - Méthode POLY	16
	5.3.2 Panneau n° 10 - Méthode EASE	18
	5.3.3 Panneau n° 11 - Méthode ADA	18
	5.3.4 Panneau n° 12 - Méthode traditionnelle	18

TABLES DES MATIÈRES (SUITE)

		Page
6.	**RÉSULTATS ET COMMENTAIRES**	19
	6.1 Solive de rive	19
	6.2 Boîtes de sortie électrique	24
	6.3 Assemblage de fenêtre	30
7.	**DISCUSSION**	32
	7.1 Fuites d'air totales	32
	7.2 Fuites d'air des éléments étudiés	35
	7.3 Performance structurale	37
	7.4 Questions méritant une étude plus approfondie	37
8.	**CONCLUSION**	39

ANNEXE A : Niveau de la construction pour chaque séquence d'essais

ANNEXE B : Résultats des essais sous forme graphique

1. INTRODUCTION

Depuis les 15 dernières années, l'industrie de la construction s'intéresse de plus en plus aux fuites d'air dans l'enveloppe des bâtiments, l'une des principales raisons étant la détérioration des matériaux de construction qui résulte du dépôt et de l'accumulation de vapeur d'eau aéroportée dans les murs. C'est ainsi qu'on en est venu à prendre conscience des avantages d'assurer une meilleure étanchéité à l'air de l'enveloppe des bâtiments, à tel point que le Code national du bâtiment énonce désormais des exigences concernant l'étanchéité à l'air. La partie 5 du Code national du bâtiment exige en effet que les composants de bâtiment fournissent une protection efficace contre l'infiltration et l'exfiltration d'air à travers les matériaux et les joints de l'ensemble, et à travers les joints avec d'autres éléments. Par ailleurs, la partie 9 de l'édition 1990 du Code exige que l'étanchéité à l'air soit continue, de façon à empêcher que l'air intérieur ne migre dans les vides des murs et des planchers ou dans les vides sous toit. En outre, un article du Code traite des matériaux d'étanchéité à l'air et plusieurs articles portent sur la mise en oeuvre de l'étanchéité à l'air.

La SCHL a réalisé plusieurs études visant à évaluer la perméabilité à l'air de certains matériaux et assemblages couramment utilisés en construction résidentielle. On a toutefois constaté, au sein de l'industrie, qu'il ne suffisait pas que les matériaux et les éléments assurant l'étanchéité à l'air présentent une résistance acceptable au mouvement de l'air. En fait, on a constaté que ce sont plutôt les fuites d'air qui se produisent à la jonction des éléments constituant l'étanchéité à l'air et aux points de pénétration des éléments structuraux et des services qui déterminent habituellement l'efficacité globale du pare-air. En construction résidentielle, il en existe de nombreux de cette nature qui nécessitent une attention spéciale au niveau de la conception du pare-air, notamment : la jonction des cloisons intérieures et des murs extérieurs, la jonction des murs de fondation et de la lisse d'assise, la jonction du bâti d'attente et du dormant de fenêtre, les détails d'exécution le long de la solive de rive, et l'exécution vis-à-vis les boîtes de sortie électrique.

La SCHL a commandé la présente étude afin de déterminer l'ampleur des fuites qui sont imputables à trois de ces composants en particulier, soit la solive de rive, les boîtes électriques, et les fenêtres. On a donc fabriqué des panneaux d'essai intégrant chacun de ces éléments de construction et on a mesuré les fuites d'air à travers ceux-ci à des différences de pression variées, y compris aux pressions les plus fortes pouvant résulter de rafales. Ces essais ont été effectués à différents stades de la construction de chaque panneau afin de déterminer la contribution des différents composants à l'étanchéité à l'air de l'ensemble.

On doit en effet tenir compte, lorsqu'on évalue la performance d'une méthode d'étanchéisation à l'air, du fait que le mur restera parfois inachevé pendant quelque temps. Au cours de cette période, certains éléments du mur peuvent ne pas être suffisamment protégés contre de forts coups de vent et alors subir des dommages qui ne seront peut-être jamais réparés. La

détérioration du pare-air peut donner lieu à des fuites localisées et à des taux d'exfiltration élevés à ces endroits. Ces fuites risquent de sérieusement compromettre la performance de l'enveloppe et même d'entraîner la détérioration de celle-ci en favorisant la condensation d'une quantité élevée de vapeur d'eau.

L'industrie de la construction a mis au point des modes d'exécution visant à empêcher les fuites d'air dans l'enveloppe des bâtiments. La présente étude en examine trois, soit :

1. la méthode de la membrane interne scellée, où une feuille de polyéthylène et un mastic acoustique assurent l'étanchéité à l'air (méthode ci-après désignée par l'abréviation POLY);

2. la méthode des plaques de plâtre étanches à l'air, où le revêtement intérieur constitue la méthode d'étanchéisation privilégiée (méthode ci-après désignée par l'abréviation ADA); et

3. la méthode du pare-air extérieur, où une membrane continue perméable à la vapeur d'eau est emprisonnée entre deux couches de revêtement mural extérieur (méthode ci-après désignée par l'abréviation EASE).

Afin d'offrir un point de comparaison, nous avons également évalué des panneaux fabriqués de la façon suivante :

4. la méthode de construction résidentielle classique, qui ne suppose aucun effort particulier en vue d'assurer l'étanchéité à l'air du bâtiment (méthode ci-après qualifiée de traditionnelle).

2. OBJECTIFS ET PORTÉE DE L'ÉTUDE

2.1 Objectifs

Ce programme d'essais visait à évaluer et à comparer les quatre méthodes de construction décrites précédemment et leur capacité d'assurer l'étanchéité à l'air des murs devant résister aux fuites d'air et aux surcharges dues aux vents. Ces méthodes ont été évaluées à la fois sur des éléments terminés et non terminés afin de tenir compte des dommages susceptibles d'être causés par l'action du vent durant la construction, dommages qui ne peuvent pas toujours être réparés.

2.2 Portée

On a procédé à l'essai de douze panneaux faisant appel à trois modes d'exécution courants et fabriqués selon les quatre méthodes précitées. Ces panneaux ont été testés à divers stades de la construction afin de déterminer les taux de fuite d'air et la capacité du pare-air de résister aux surcharges dues au vent (performance structurale). Les modes d'exécution visent :

1. la solive de rive;

2. les boîtes de sortie électrique d'un mur extérieur; et

3. l'interstice de calage de la fenêtre.

Chacun de ces modes d'exécution a été intégré à quatre panneaux d'essai utilisant l'une ou l'autre des quatre méthodes d'étanchéisation. Bien que ces modes ne représentent qu'un échantillon limité par rapport à l'ensemble que l'on retrouve dans un bâtiment, elles nous ont semblé être les plus importantes.

Les différences de pression utilisées pour mesurer les fuites d'air allaient de 50 Pa à 1 000 Pa (la différence de pression servant à provoquer le mouvement de l'air à travers le panneau d'essai était toutefois limitée par la capacité du système, lequel plafonnait à environ 25 l/s). On a jugé qu'une limite supérieure de 1 000 Pa était appropriée pour évaluer la résistance au vent de la structure des bâtiments à ossature de bois de faible hauteur. Même si cette pression est considérablement plus élevée que la pression du vent calculée sur une base horaire dont fait état le Code national du bâtiment, nous croyons que les surcharges dues au vent peuvent parfois atteindre ce niveau dans certaines régions lors de fortes rafales.

L'édition 1990 du Code exige que tous les bâtiments soient dotés d'un pare-air continu, mais ne foutnit pas de critère d'évaluation pouvant servir de norme en ce qui a trait à l'étanchéité à l'air des bâtiments. Toutefois, le compte rendu «Un pare-air pour l'enveloppe du bâtiment» de Regard 86 sur la science du bâtiment recommande que les fuites d'air ne dépassent pas 0,1 l/s/m^2 à une différence de pression de 75 Pa. Nous

avons donc retenu les résultats des
essais effectués à ce niveau de pression pour comparer et évaluer les
différents modes d'exécution et méthodes de construction.

3. MÉTHODES DE CONSTRUCTION MINIMISANT LES FUITES D'AIR

La présente étude a porté sur des panneaux d'essai qui, tout en intégrant des détails d'exécution susceptibles de causer des problèmes d'étanchéité à l'air (solives de rive, boîtes de sortie électrique et fenêtres), ont été fabriqués selon trois différentes méthodes de construction suivies pour relever l'étanchéité à l'air des bâtiments. Jusqu'aux années 1980, on se préoccupait peu de l'étanchéité à l'air des bâtiments de faible hauteur. Traditionnellement, l'étanchéité à l'air des maisons était réalisée grâce à la résistance intrinsèque au mouvement de l'air des revêtements d'ossature et du pare-vapeur, à l'ajustement serré des différents composants, à l'étanchéité à l'air des matériaux comblant l'espace entre le bâti d'attente et le dormant de la fenêtre ou de la porte, et aux mastics de calfeutrage extérieurs destinés à protéger contre les intempéries.

Le fait de se rendre compte de l'importance de réduire les fuites d'air à travers l'enveloppe des bâtiments a donné lieu à la mise au point de trois méthodes de construction fondamentales en matière d'étanchéité à l'air. Deux font appel à une membrane souple scellée et la troisième à des matériaux rigides de parement intérieur et à des éléments d'ossature pour réaliser l'étanchéité à l'air.

3.1 Méthode POLY (membrane de polyéthylène et mastic acoustique)

La méthode POLY assure l'étanchéité à l'air grâce à un pare-vapeur de polyéthylène et à un mastic acoustique. Le polyéthylène est un matériau étanche à l'air qui offre une faible perméabilité à la vapeur d'eau. Il peut toutefois subir une dégradation s'il est exposé aux rayons ultraviolets, et il doit être assujetti à un support structural pour résister à de fortes surcharges dues au vent. De plus, les joints de polyéthylène doivent se chevaucher et être agrafés mécaniquement entre des éléments rigides pour donner un scellement durable. Ces limites peuvent toutefois être surmontées par une conception et une construction appropriées de l'enveloppe, mais il est évident que le polyéthylène ne doit pas être exposé aux intempéries pendant de longues périodes. Normalement, la membrane de polyéthylène n'est pas exposée de façon prolongée aux rayons du soleil durant la construction (le revêtement d'ossature se posant habituellement à partir de l'extérieur, en progressant vers l'intérieur), mais il peut arriver que le pare-air soit soumis au cours des travaux à de fortes pressions du vent s'il n'est pas protégé par le revêtement intérieur en plaques de plâtre. Ainsi tout dommage ne serait pas nécessairement détecté avant la pose du revêtement et il pourrait par conséquent ne jamais être réparé.

On a également soulevé la possibilité que l'effet du vent fasse déchirer la membrane aux points d'agrafage et déplacer l'isolant non rigide.

3.2 Méthode EASE (pare-air extérieur)

La méthode EASE, plus récente que la précédente, utilise également une membrane, mais comme elle se situe du côté froid de l'isolant, elle doit être relativement perméable à la vapeur d'eau pour faciliter l'évacuation de l'humidité accumulée; c'est pourquoi on utilise de l'oléfine filée-liée, intercalée entre deux panneaux de fibres (ou tout autre matériau de revêtement rigide) servant de support structural. La diffusion de la vapeur du côté chaud de l'isolant est contrôlée par un pare-vapeur approprié, qui n'est pas nécessairement étanche à l'air.

Bien que cette méthode de construction ne soit pas aussi répandue que la méthode POLY, ses partisans soutiennent que, puisque le pare-air est le premier élément du mur à être érigé, il offre une certaine protection aux autres éléments du mur et réduit le risque d'endommager le pare-air puisque celui-ci est constamment appuyé contre des matériaux rigides conçus pour résister aux intempéries.

En outre, la méthode EASE élimine bon nombre de problèmes que posent les ouvertures pratiquées dans le revêtement intérieur en plaques de plâtre pour recevoir d'autres éléments de l'ossature, les prises électriques et les commutateurs d'éclairage. Toutefois, sur le plan de la science du bâtiment, la mise en oeuvre du pare-air du côté extérieur, ou froid, de l'enveloppe n'est généralement pas conseillée, car elle peut, par convection, favoriser l'échange d'air entre les locaux intérieurs et les vides des murs isolés lorsque le parement intérieur présente de telles ouvertures à deux niveaux ou plus. Le volume d'échange d'air dépend de la taille des ouvertures et de l'élévation. Bien que les forces de convection soient normalement inférieures aux différences de pression d'air résultant de l'action du vent et du tirage du bâtiment, la surface intérieure doit quand même être raisonnablement étanche à l'air afin d'éviter une condensation excessive. Étant relativement perméable à la vapeur d'eau, la membrane d'oléfine favorise par diffusion l'assèchement de la vapeur d'eau vers l'extérieur.

3.3 Méthode ADA (plaques de plâtre étanches à l'air)

La méthode ADA fait appel à des matériaux de revêtement intérieur rigides, tels que les plaques de plâtre, et à des garnitures d'étanchéité pour créer une résistance au mouvement d'air. Les plaques de plâtre ne constituent pas un pare-vapeur efficace, mais résistent très bien au passage de l'air. Étant rigides, elles ne risquent pas d'être endommagées par des différences de pression élevées. De plus, elles font généralement l'objet d'une mise en oeuvre soignée, puisqu'elles constituent la surface de finition. Par conséquent, tous les trous de vis ou de clous seront couverts par du composé à joints. La résistance requise à la vapeur d'eau peut alors être assurée par des plaques de plâtre revêtues d'aluminium, d'une doublure de polyéthylène, ou d'une peinture résistante à la vapeur.

4. MÉTHODOLOGIE

Pour les besoins de cette étude, chacun des douze panneaux d'essai a été évalué à différentes pressions d'air et à divers stades de la construction. Les mesures prises à différents stades de la fabrication des échantillons visaient à établir la contribution des divers composants à l'étanchéité à l'air de l'ensemble. Elles ont également permis de relever la pression d'air que portaient les divers composants du panneau, qu'il s'agisse du revêtement extérieur, de l'isolant, du polyéthylène et des plaques de plâtre (annexes A et B). Afin de déterminer les fuites d'air propres à chacun des échantillons, on s'est efforcé de réduire au minimum les fuites au pourtour du panneau d'essai et de les intégrer à la fuite d'air du caisson d'essai pour établir la fuite d'air d'origine externe. Dans le but de réduire les fuites d'air au pourtour de l'échantillon, on a, dans la mesure du possible, placé les panneaux dans le caisson d'essai de façon à ce que le pare-air se retrouve contre la garniture d'étanchéité du pourtour.

4.1 Appareillage d'essai

Afin de simplifier l'exécution des essais, le caisson d'essai a été conçu de façon à permettre de procéder facilement à la pose et à l'enlèvement des douze panneaux d'essai décrits en détail à la section 5. Le caisson se composait d'un cadre extérieur constitué de pièces de bois 38 mm x 286 mm (2 po x 12 po) et d'un cadre intérieur (vissé au précédent) fait de pièces de bois de 38 mm x 190 mm (2 po x 8 po). Trois traverses, espacées également, ont été fixées aux éléments verticaux du cadre intérieur pour ajouter au support structural du panneau de contreplaqué de 1 200 mm x 2 400 mm x 20 mm qui recouvrait l'une des faces du cadre, formant boîte. Des garnitures en mousse cellulaire assuraient l'étanchéité entre le cadre et le panneau de contreplaqué, et tous les joints et trous de vis avaient été scellés à l'aide d'un mastic acoustique ou à base de silicone.

Le caisson d'essai servait essentiellement de support pour les panneaux d'essai. La figure 4.1 reproduit un schéma de l'installation d'essai.

Comme l'illustre la figure 4.1, les panneaux d'essai ont été placés contre la garniture en mousse couvrant le pourtour du cadre de 38 mm x 190 mm, de manière à disposer la paroi «extérieure» des panneaux face au caisson et la paroi «intérieure» exposée au milieu ambiant du laboratoire.

Les panneaux d'essai étaient maintenus en place et pressés contre la garniture d'étanchéité du cadre à l'aide de cinq brides de serrage en «C», deux de ces brides étant placées à chacune des rives verticales du panneau et la cinquième au centre de la rive horizontale supérieure, et par une série de cales au bas du panneau.

SCHÉMA DE L'INSTALLATION D'ESSAI

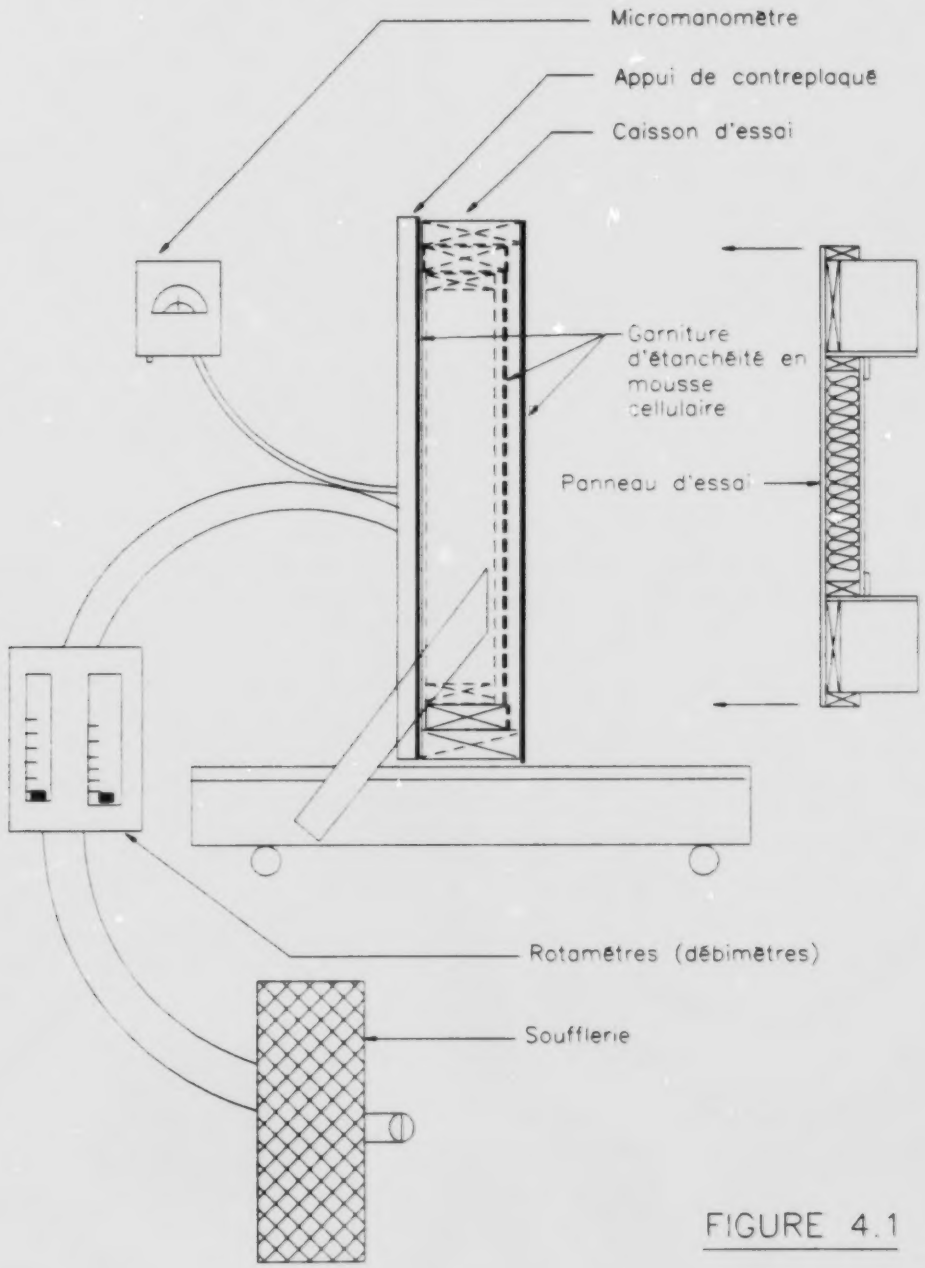


FIGURE 4.1

4.2 Équipement et instrumentation

Les différences de pression ont été créées à l'aide de la buse de soufflage d'un aspirateur de 12 ampères. Des tuyaux souples en vinyle ondulé renforcé ont servi à raccorder la buse de soufflage, les débitmètres et le caisson d'essai. Les tuyaux raccordés aux bouches d'aspiration et de soufflage de l'aspirateur étaient équipés de soupapes réglant le débit de l'air. L'extrémité du tuyau de soufflage ou d'aspiration pouvait s'assujettir à un raccord fixé au panneau de contreplaqué du caisson d'essai pour ainsi accroître ou diminuer la pression à l'intérieur du caisson par rapport à la pression ambiante du laboratoire, et provoquer une infiltration ou une exfiltration d'air à travers le panneau d'essai.

Le débit d'air était mesuré à l'aide de rotamètres (débitmètres) disposés en paires, dont l'un servait à mesurer les faibles débits et l'autre, les débits élevés. Les rotamètres utilisés au début de l'étude faisaient partie d'une installation d'essai Schlegal pour fenêtres. La plage du débitmètre pour lectures élevées variait de 10 à 50 pi^3/min, et du débitmètre pour faibles lectures, de 1 à 12 pi^3/min. Au cours des tests subséquents, ces rotamètres ont été remplacés par une installation d'essai permanente composée de rotamètres «DWYER». Le débitmètre pour lectures élevées comportait alors une plage variant de 1 à 30 pi^3/min, et le débitmètre pour faibles lectures, une plage variant de 1 à 10 pi^3/min. On a utilisé les valeurs d'étalonnage fournies par le fabricant des débitmètres pour établir les débits de référence.

On a installé une prise de pression dans le panneau de contreplaqué du caisson, et les différences de pression ont été mesurées à l'aide d'un micromanomètre d'Air Instrument Resources Ltd., dont le réglage allait de 0 à 1 999 Pa.

La température de l'air et le degré d'humidité relative ont été mesurés à l'aide d'un appareil Solomat avant chaque essai. La température de l'air se situait de 21 °C à 23 °C, et l'humidité relative entre 19 et 42 p. 100.

4.3 Procédure d'essai

On a procédé à une série de mesures du débit d'air à travers chacun des panneaux d'essai à différents stades de la construction, d'abord en mode d'infiltration, puis en mode d'exfiltration. Dans chaque cas, la différence de pression à travers le panneau a été portée de 50 à 1 000 Pa, et on a mesuré le débit d'air à des différences de pression successives de 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600, 800 et 1 000 Pa. Le débit d'air a ensuite été mesuré à des différences de pression décroissantes de 600, 200 et 75 Pa, afin de valider les relevés précédents et d'établir si le pare-air avait été endommagé aux pressions élevées. Pour chaque essai, la différence de pression était maintenue aussi longtemps que nécessaire pour permettre à la lecture du débitmètre de se stabiliser.

Durant les essais, la vérification des panneaux visait à détecter tout signe de détérioration. Une baisse de pression inattendue pour des réglages de soupapes donnés ou un débit remarquablement plus élevé durant les mesures de validation ont été considérés comme une indication probable de la détérioration de l'un ou l'autre des composants du panneau d'essai. De façon générale, la procédure décrite ci-après a été suivie pour chaque série d'essais portant sur les trois modes d'exécution étudiés :

1. On a procédé à la première étape de la construction du panneau d'essai.

2. La paroi «extérieure» du panneau d'essai a été recouverte d'une feuille de polyéthylène, puis montée dans l'ouverture du caisson d'essai et fixée à l'aide des brides de serrage, avant de mesurer les taux de fuite d'air aux pressions d'essai pour ce mur scellé; les valeurs obtenues ont été soustraites des résultats des essais subséquents, puisqu'elles correspondaient aux fuites d'air externes (c.-à-d. aux fuites d'air du caisson), afin d'établir les fuites d'air propres aux panneaux d'essai.

3. On a ensuite décroché le panneau d'essai, enlevé la feuille de polyéthylène, puis remis le panneau en place. On a alors répété la série d'essais et consigné les résultats, dont on a soustrait les valeurs correspondant aux fuites d'air externes, pour déterminer les fuites d'air à travers le panneau à cette première étape de la construction.

4. On a ensuite procédé à la deuxième étape de la construction du panneau, puis répété la série d'essais ci-dessus. Le nombre de niveaux de construction et d'essais effectués pour chaque panneau variait en fonction des différentes méthodes de construction et des différents modes d'exécution étudiés. Toutefois, pour tous les panneaux, on a testé au moins deux, et au plus quatre, niveaux de construction. Chaque série d'essais effectués à un niveau de construction donné du panneau constitue une séquence d'essais. Les séquences d'essais de chaque panneau sont résumées à l'annexe A.

5. Après chaque séquence d'essais, on a examiné les matériaux du panneau pour détecter tout signe de détérioration et les dommages ont été consignés. Les parties endommagées ont été réparées avant de poursuivre la construction du panneau pour la séquence d'essais suivante.

5. DESCRIPTION DES PANNEAUX D'ESSAI

L'industrie canadienne de la construction utilise essentiellement pour la charpente des maisons à ossature de bois des poteaux de 38 mm x 140 mm (2 po x 6 po) à entraxe de 600 mm (24 po) ou des poteaux de 38 mm x 89 mm (2 po x 4 po) à entraxe de 400 mm. Pour les fins de la présente étude, nous avons retenu l'ossature à poteaux de bois de 38 mm x 89 mm afin de faciliter la manipulation des panneaux d'essai. Il est fort probable que des résultats similaires auraient été obtenus avec une ossature en poteaux de 38 mm x 140 mm.

Chaque panneau d'essai, mesurant 1,21 m (4 pi) de haut sur 2,44 mm (8 pi) de large, était conçu de façon à intégrer une portion importante du mode d'exécution à l'étude.

Lorsque le panneau utilisait un revêtement isolant, on avait recours à un cadre fait d'éléments de bois de 38 mm x 89 mm (2 po x 4 po) sur tout le pourtour du panneau d'essai pour en faciliter le scellement et l'agrafage. Dans le cas du panneau n° 3 (solive de rive, méthode ADA), ce cadre a également permis d'exercer sur la garniture d'étanchéité de la lisse d'assise une contrainte verticale correspondant à la charge permanente du bâtiment.

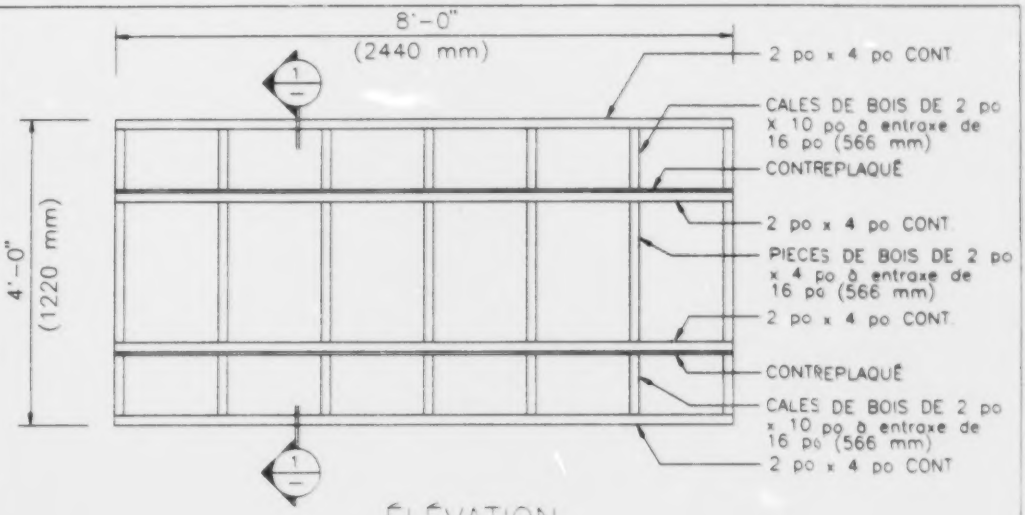
Les constructeurs ont mis au point un éventail de moyens pour assurer l'étanchéité à l'air de chacun des modes d'exécution que nous avons étudiés à l'aide des méthodes de construction décrites à la section 3. Nous avons, en consultation avec des spécialistes de l'industrie, retenu les éléments suivants pour les fins de cette étude.

5.1 Solive de rive

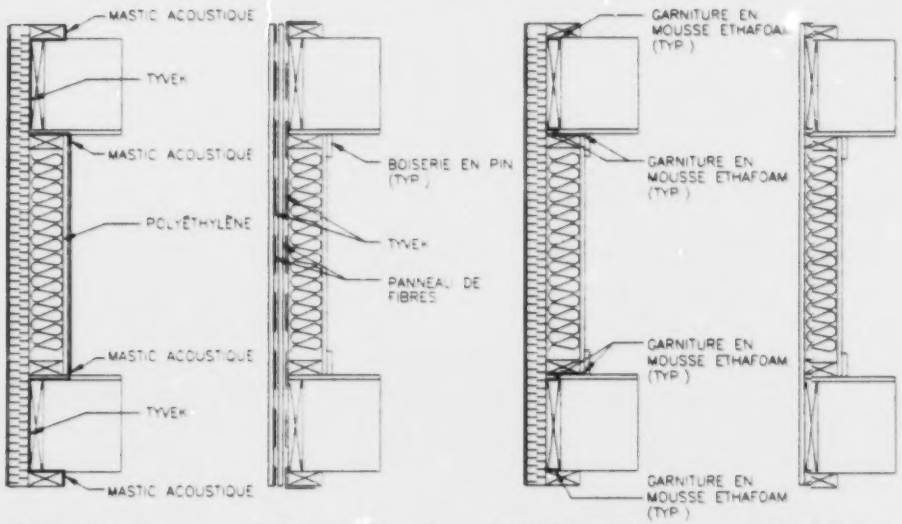
Ce mode d'exécution incorpore les joints entre la lisse d'assise, la solive de rive, le support de revêtement de sol en contreplaqué et la lisse basse du mur. Afin de maximiser le pied linéaire de joints, on a construit la section supérieure du panneau de manière identique à la section inférieure. Les quatre panneaux qui ont servi aux essais sont illustrés à la figure 5.1.

5.1.1 Panneau n° 1 - Méthode POLY

Ce panneau utilise une membrane d'oléfine filée-liée (Tyvek^{MD}) qui enveloppe la face extérieure de la solive de rive et rejoint le pare-air/pare-vapeur de polyéthylène situé à l'intérieur. On a appliqué un cordon de mastic acoustique entre la membrane Tyvek et la feuille de polyéthylène aux endroits où elles rencontrent les deux lisses basses. Une plaque de plâtre de 12 mm a été fixée



ÉLÉVATION



PANNEAU No. 1 MÉTHODE POLY | PANNEAU No. 2 MÉTHODE EASE | PANNEAU No. 3 MÉTHODE ADA | PANNEAU No. 4 MÉTHODE TRADITIONELLE

COUPE 1/—

	PANNEAU No. 1 MÉTHODE POLY	PANNEAU No. 2 MÉTHODE EASE	PANNEAU No. 3 MÉTHODE ADA	PANNEAU No. 4 MÉTHODE TRAD.
REV. EXT.	GLASSCLAD	PANN. FIBRES ET TYVEK	GLASSCLAD	AGGLOMÉRÉ 3/4"
ESP. CLOUS	6" EXT./12" INT.	6" EXT./12" INT.	6" EXT./12" INT.	6" EXT./12" INT.
PARE-AIR	POLY 0,006 PO	TYVEK	PL. PLÂTRE REV. AL.	S.O.
PARE-VAPEUR	POLY 0,006 PO	PL. PLÂTRE REV. AL.	PL. PLÂTRE REV. AL.	POLY 0,004 PO

FIGURE 5.1

SOLIVE DE RIVE

Morrison Hershfield Limited
Ingénieurs-conseils

aux poteaux à l'aide de vis exprès espacées de 300 mm sur le pourtour du panneau, et une vis a été posée à mi-chemin, au centre de chaque poteau. On a aussi fixé une boiserie en pin de 1 po x 4 po à l'aide de deux clous de finition par poteau. Un revêtement extérieur en fibre de verre semi-rigide (GLASCLAD) de 50 mm d'épaisseur a été cloué aux poteaux, aux lisses et aux sablières, mais pas à la solive de rive, car les clous auraient alors troué la membrane pare-air.

On a utilisé une membrane d'oléfine filée-liée pour constituer le pare-air de cet élément car elle permet d'assécher par diffusion l'excès d'humidité que contient la solive. Cette humidité peut résulter de la condensation hivervale de la vapeur d'eau sur la solive ou à l'intérieur de celle-ci, en raison de la résistance thermique relativement faible offerte par l'isolant situé à l'extérieur de la solive de rive.

5.1.2 Panneau n° 2 - Méthode EASE

Pour ce panneau, on a utilisé la même technique d'assemblage que pour le panneau n° 1. Le pare-air extérieur a été fabriqué en fixant un panneau de fibres de 12 mm sur la surface extérieure des poteaux et de la solive à l'aide de clous à couverture. Le panneau a ensuite été recouvert d'une membrane Tyvek maintenue en place à l'aide d'agrafes. Un deuxième panneau de fibres a été ensuite posé par-dessus le premier à l'aide de clous à couverture disposés à entraxe de 300 mm.

Comme l'illustre la figure 5.1, le pare-air extérieur (membrane d'oléfine intercalée entre deux panneaux de fibres) se prolongeait au-delà de la solive de rive et sous la lisse d'assise. Elle n'était donc pas interrompue par la solive de rive. Dans la pratique, le pare-air irait rejoindre le mur de fondation sous-jacent. Pour les fins de l'essai, il a été scellé à la partie inférieure de la lisse d'assise avec du ruban adhésif.

Sur la face intérieure, on a fixé une plaque de plâtre de 12 mm, revêtue d'aluminium en guise de pare-vapeur, à l'aide de vis exprès à entraxe de 300 mm. Les têtes de vis ont été recouvertes d'un composé à joints.

5.1.3 Panneau n° 3 - Méthode ADA

Pour ce panneau, on a utilisé des garnitures en mousse ethafoam de 100 mm de largeur et de 5 mm d'épaisseur pour sceller les joints de l'ossature. Celles-ci ont été placées entre la lisse d'assise et la solive de rive; entre la solive de rive et le support de revêtement de sol en contreplaqué; et entre le support de revêtement de sol en contreplaqué et la lisse basse du mur. Le pare-air intérieur et le pare-vapeur étaient constitués d'une plaque de plâtre de 12 mm revêtue d'aluminium et fixée à l'aide de vis exprès à entraxe de 300 mm. Toutes les têtes de vis ont été recouvertes d'un composé à joints. Une garniture en mousse ethafoam a également été placée

entre l'ossature du mur et le pourtour de la plaque de plâtre pour prévenir les fuites d'air à la périphérie.

Ce panneau d'essai utilisait le même panneau de revêtement extérieur en fibre de verre semi-rigide que le panneau n° 1.

Pour simuler l'effort de compression qui, dans des conditions réelles, contribue à sceller les garnitures d'étanchéité, on a appliqué des poids de 500 kg uniformément sur le dessus du panneau avant d'y fixer la plaque de plâtre. Ces poids ont été laissés en place durant toute la durée des essais.

5.1.4. Panneau n° 4 - Méthode traditionnelle

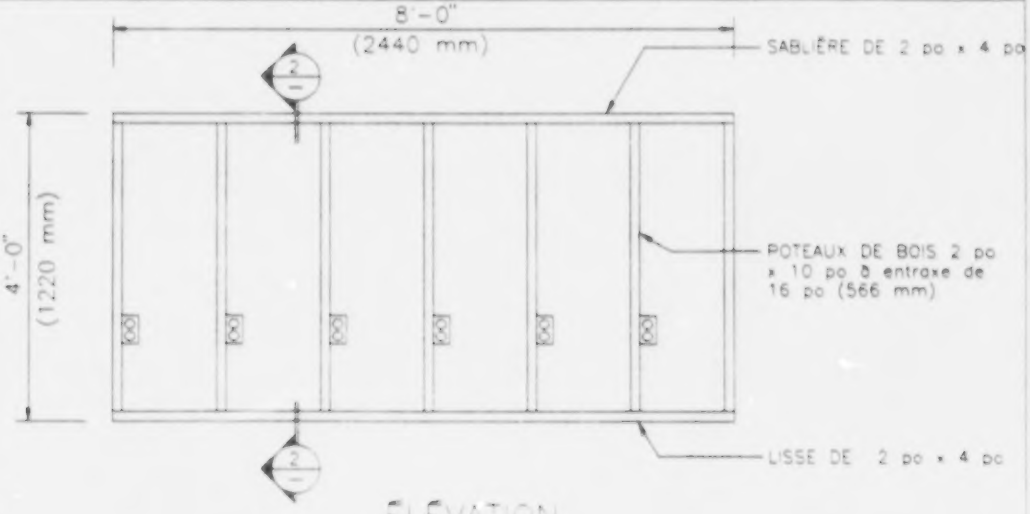
Pour ce panneau, l'étanchéité à l'air des joints de l'ossature n'a fait l'objet d'aucune attention particulière. On a mis en oeuvre un pare-vapeur continu constitué d'une feuille de polyéthylène de 0,004 po entre l'ossature et la plaque de plâtre de 12 mm, sans toutefois sceller les bords de la feuille. Un revêtement d'aggloméré de 12 mm a été fixé sur la face extérieure à l'aide de clous de 2½ po à entraxe de 150 mm (6 po), sur tout le pourtour du cadre et de clous plantés à entraxe de 300 mm (12 po), à travers les poteaux.

5.2 Boîtes de sortie électrique

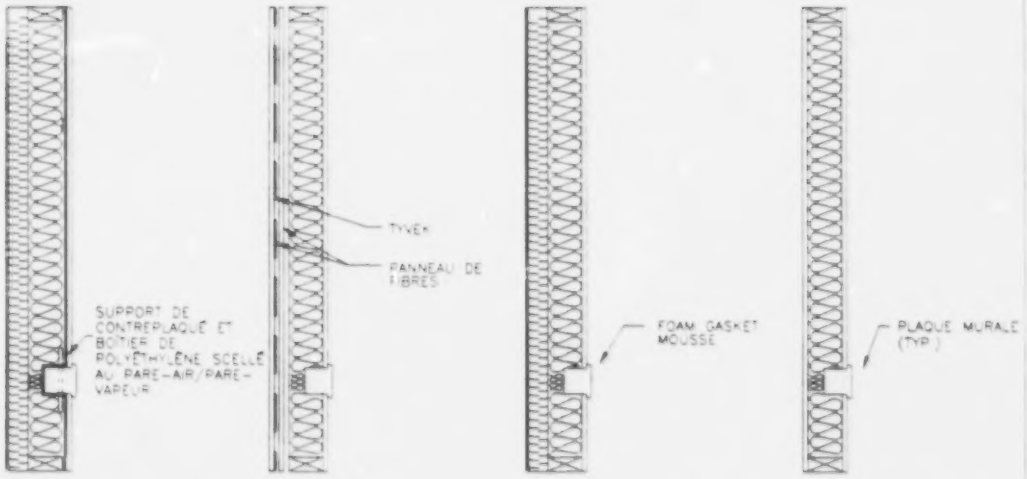
La figure 5.2 illustre les quatre panneaux incorporant des boîtes de sortie électrique. Six boîtes, une entre chaque paire de poteaux, ont été intégrées à chaque panneau. Le revêtement extérieur de chaque panneau a été posé en deux sections de 1,2 mm x 1,2 mm (4 pi x 4 pi), et les joints entre le pare-air du mur et le pourtour du panneau scellés.

5.2.1 Panneau n° 5 - Méthode POLY

Pour ce panneau, on a utilisé un boîtier de polyéthylène derrière chaque boîte de sortie électrique afin d'assurer la continuité du pare-air. Ce boîtier, constitué d'une membrane épaisse en polyéthylène préformé, a été enchâssé dans un élément de support en contreplaqué, lui-même encastré dans le montant (une entaille avait été pratiquée pour permettre la pose du contreplaqué). Le boîtier n'était troué que par les clous servant à fixer la boîte électrique au montant. Le boîtier préformé a ensuite été scellé à la feuille de polyéthylène à l'aide d'un mastic acoustique; on a utilisé le moins d'agrafes possible pour fixer le polyéthylène avant de poser le revêtement intérieur. Lors de la pose du revêtement, on a enfoncé, à travers la plaque de plâtre et le contreplaqué, des vis exprès de façon à comprimer le joint entre le boîtier et la feuille de polyéthylène servant de pare-air. Les câbles électriques ont ensuite été enfilés dans une ouverture pratiquée dans le boîtier en polyéthylène, puis scellés avec un mastic acoustique.



ÉLÉVATION



PANNEAU No. 5 MÉTHODE POLY | PANNEAU No. 6 MÉTHODE EASE | PANNEAU No. 7 MÉTHODE ADA | PANNEAU No. 8 MÉTHODE TRAD.

COUPE 2

	PANNEAU No. 5 MÉTHODE POLY	PANNEAU No. 6 MÉTHODE EASE	PANNEAU No. 7 MÉTHODE ADA	PANNEAU No. 8 MÉTHODE TRAD
REV EXT	GLASSCLAD	PANN. FIBRES ET TYVEK	GLASSCLAD	AGGLOMÉRÉ 3/4"
ESP CLOUS	6" EXT./12" INT.	6" EXT./12" INT.	6" EXT./12" INT.	6" EXT./12" INT.
PARE-AIR	POLY 0,006 po	TYVEK	PL. PLÂTRE REV. AL.	S.O.
PARE-VAPEUR	POLY 0,006 po	PL. PLÂTRE REV. AL.	PL. PLÂTRE REV. AL.	POLY 0,004 po

BOÎTES DE SORTIE ÉLECTRIQUE

FIGURE 5.2

Morrison Hershfield Limited
Ingénieurs-conseils

5.2.2 Panneau n° 6 - Méthode EASE

Comme les boîtes de sortie électrique ne traversent pas le pare-air extérieur de ce panneau, on a eu recours à la méthode traditionnelle pour la pose des boîtes électriques. Celles-ci ont été fixées aux montants et les ouvertures correspondantes pratiquées dans la plaque de plâtre avant sa mise en oeuvre.

5.2.3 Panneau n° 7 - Méthode ADA

On a eu recours à la méthode traditionnelle pour poser les boîtes électriques de ce panneau. Pour assurer la continuité du pare-air, on a intercalé une garniture en mousse cellulaire entre la plaque de plâtre et la plaque de recouvrement de la prise électrique.

5.2.4 Panneau n° 8 - Méthode traditionnelle

Aucune mesure particulière n'a été prise pour sceller les boîtes de sortie électrique de ce panneau. On a simplement découpé le pare-vapeur de polyéthylène autour de la boîte et on a pratiqué des ouvertures correspondantes dans la plaque de plâtre avant sa mise en oeuvre.

5.3 Assemblage de fenêtre

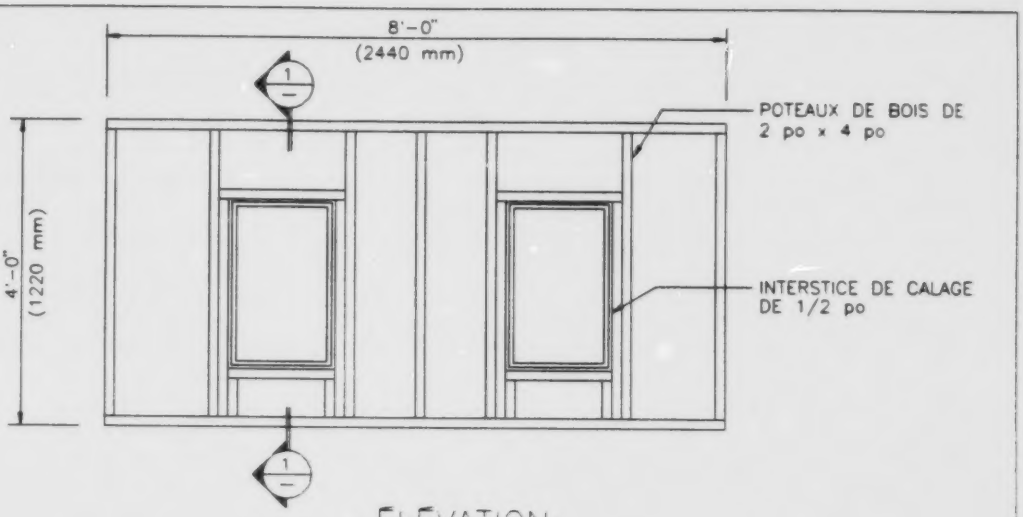
Les quatre panneaux d'essai servant à l'étude des fenêtres comportaient deux fenêtres fixes de 325 mm x 600 mm, tel qu'illustré à la figure 5.3. Ici également, on a scellé le pare-air du mur sur le pourtour du panneau d'essai.

5.3.1 Panneau n° 9 - Méthode POLY

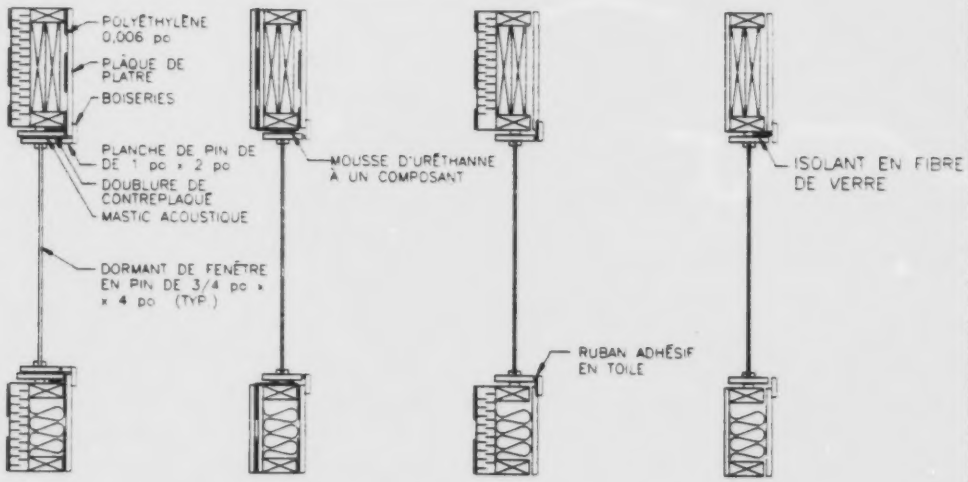
On a utilisé la méthode de la «doublure de contreplaqué» pour assurer la continuité du pare-air autour du dormant de la fenêtre. Dans cette méthode, le contreplaqué est fixé et scellé à l'aide d'un mastic acoustique à l'extérieur du dormant de la fenêtre avant de la fixer dans le bâti d'attente, créant en quelque sorte un deuxième cadre.

Le pare-air de polyéthylène a été scellé directement au contreplaqué à l'aide de mastic acoustique. Une planche de pin de 25 mm x 38 mm (1 po x 2 po) a été clouée à la doublure de contreplaqué, par-dessus la membrane de polyéthylène, de façon à comprimer le joint et à permettre de fixer les boiseries.

En raison de la doublure de contreplaqué, il a fallu agrandir le bâti d'attente de la fenêtre. C'est ainsi qu'il a fallu prévoir 1 pouce de plus tout autour du bâti.



ÉLÉVATION



PANNEAU No. 1 MÉTHODE POLY | PANNEAU No. 2 MÉTHODE EASE | PANNEAU No. 3 MÉTHODE ADA | PANNEAU No. 4 MÉTHODE TRAD.

COUPE 1/—

	PANNEAU No. 1 MÉTHODE POLY	PANNEAU No. 2 MÉTHODE EASE	PANNEAU No. 3 MÉTHODE ADA	PANNEAU No. 4 MÉTHODE TRAD.
REV. EXT.	GLASSCLAD	PANN. FIBRES ET TYVEK	GLASSCLAD	AGGLOMÉRÉ 3/4"
ESP. CLOUS	6" EXT./12" INT.	6" EXT./12" INT.	6" EXT./12" INT.	6" EXT./12" INT.
PARE-AIR	POLY 0,006 po	TYVEK	PL. PLATRE REV. AL.	S.O.
PARE-VAPEUR	POLY 0,006 po	PL. PLATRE REV. AL.	PL. PLATRE REV. AL.	POLY 0,004 po

FIGURE 5.3

FENÊTRES

Morrison Hershfield Limited
Ingenieurs-conseils

5.3.2 Panneau n° 10 - Méthode EASE

De tous les éléments faisant appel à la méthode EASE que nous avons étudiés, la fenêtre est le seul élément qui traverse le pare-air. Ici, la membrane d'oléfine a été enroulée autour du bâti d'attente et scellée à l'aide de mastic acoustique. Afin d'assurer la continuité du pare-air au niveau de l'interstice de calage (c.-à-d. l'espace entre le bâti d'attente et le dormant de la fenêtre), on a injecté une mousse d'uréthanne à un composant dans l'interstice.

Une fois l'uréthanne durcie, on a enlevé l'excédent afin de permettre la mise en oeuvre de la plaque de plâtre et des boiseries de finition.

5.3.3 Panneau n° 11 - Méthode ADA

Pour cet essai, l'interstice de calage a été recouvert d'une bande de ruban adhésif en toile entre le dormant et la plaque de plâtre. Les boiseries de finition ont été fixées de façon à écraser le ruban contre la plaque de plâtre et à le protéger. La fente entre le dormant et le bâti d'attente a ensuite été remplie d'isolant en fibre de verre.

5.3.4 Panneau n° 12 - Méthode traditionnelle

Pour cet essai, on n'a pas cherché à sceller l'interstice de calage de la fenêtre pour empêcher les fuites d'air. Le pare-vapeur en polyéthylène a simplement été découpé autour du bâti d'attente, et on a bourré la fente de 125 mm d'isolant en fibre de verre avant de poser les boiseries qui recouvrent l'interstice de calage.

6. RÉSULTATS ET COMMENTAIRES

Les résultats des essais sont résumés au tableau 6.1. On y présente les mesures de débit obtenues pour tous les essais à deux niveaux de pression, soit 75 Pa et la pression maximale utilisée pour un essai particulier. La pression maximale était généralement de 1 000 Pa, mais elle était parfois moins élevée pour deux raisons : le débit nécessaire pour créer une pression de 1 000 Pa à travers le panneau excédait la capacité de l'installation utilisée, ou le panneau d'essai présentait des signes évidents de détérioration avant d'avoir atteint le niveau de pression maximal.

Les sections qui suivent présentent les résultats des essais pour chacun des trois modes d'exécution étudiés, ainsi qu'une représentation graphique de ces résultats pour les panneaux terminés. Ces graphiques illustrent les résultats obtenus aux pressions d'essai intermédiaires.

L'annexe B présente des graphiques détaillés des résultats des essais.

6.1 Solive de rive

Le tableau 6.1 et les graphiques 6.1 et 6.2 illustrent le débit net par mètre carré mesuré aux différences de pression spécifiées pour le panneau n° 1 (méthode POLY), le panneau n° 2 (méthode EASE), le panneau n° 3 (méthode ADA) et le panneau n° 4 (méthode traditionnelle).

Les débits obtenus à 75 Pa pour les panneaux n°s 1 et 2 équivalaient respectivement à 24 p. 100 et à 18 p. 100 du débit mesuré pour le panneau faisant appel à la méthode «traditionnelle». On a enregistré les plus faibles taux de fuite pour le panneau n° 3 (méthode ADA). Le débit de ce panneau à 75 Pa correspondait à environ 10 p. 100 du débit mesuré pour le panneau n° 4 (méthode traditionnelle). Les débits et les caractéristiques mesurées à 75 Pa, et à des différences de pression encore plus basses, sont plus significatives que celles obtenues à 1 000 Pa, en ce qui a trait au transfert d'humidité et au potentiel d'assèchement.

Les panneaux n°s 1 et 2 (méthodes POLY et EASE) présentaient tous deux des taux de fuite peu élevés à la différence de pression la plus faible (75 Pa). Dans le cas du panneau n° 1 (méthode POLY), l'augmentation du taux de fuite enregistré à la différence de pression la plus élevée (1 000 Pa) en mode d'infiltration correspondait à peu près aux valeurs escomptées. En effet, pour un système présentant des caractéristiques de fuite constantes (c.-à-d. une surface de fuite équivalente), le débit est proportionnel à la différence de pression, multiplié par une puissance n :

$$Q = C(\Delta p)n$$
$$\text{alors } Q_2 = Q_1 \ (\Delta P_2 / \Delta P_1)^n$$

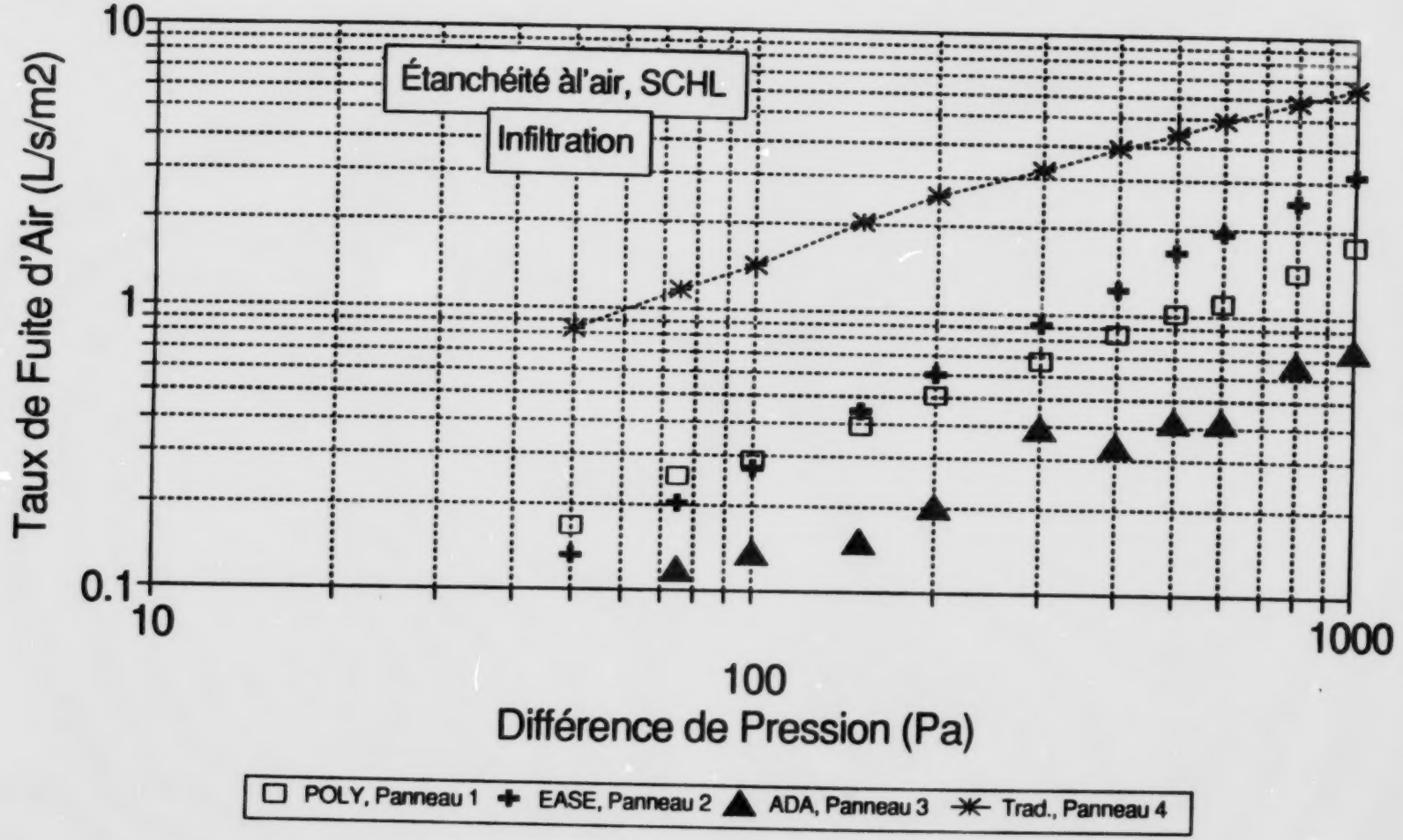
TABLEAU 6.1 RÉSUMÉ DES RÉSULTATS DES ESSAIS

No. de Panneau	Niveau de construction	MODE D'INFILTRATION				MODE D'EXFILTRATION			
		débit à 75 pa l/s/m2	presse max. Pa - rem. 1	débit max à P max l/s/m2	Description du problème	débit à 75 Pa l/s/m2	press. max. Pa - rem. 1	débit max à P max l/s/m2	Description du problème
SOLIVE DE RIVE									
No. 1 POLY	Revêtement extérieur	4.65	125	7.32	Débit maximal obtenu	5.34	100	7	Débit maximal obtenu
	Isolant et poly.	trop élevé	48	1.15	Détérioration du mastic le long de la lisse	0.47	930	5.1	Séparation de la feuille de poly et mastic
	plaque de plâtre	0.2	1000	1.6	Aucune détérioration visible	0.25	900	4.3	Débit maximal obtenu
	Terminé	0.24	1000	1.78	Aucune détérioration visible	0.29	800	4.06	Débit maximal obtenu
No. 2 EASE	Revêtement extérieur pare-air	0.2	1000	3.4	Aucune détérioration visible	0.2	1000	3.74	Aucune détérioration visible
	Terminé	0.2	1000	3.15	Aucune détérioration visible	0.2	1000	3.74	Aucune détérioration visible
No. 3 ADA	Revêtement extérieur	4.77	100	6.12	Débit maximal obtenu	5.1	125	6.2	Débit maximal obtenu
	Isolant et plaque de plâtre	0.1	1000	0.76	Aucune détérioration visible	0.1	1000	0.85	Aucune détérioration visible
	Terminé	0.12	1000	0.76	Aucune détérioration visible	0.12	1000	0.85	Aucune détérioration visible
No. 4 TRAD	Revêtement extérieur	1.52	1000	7.3	Aucune détérioration visible	1.44	1000	7.2	Aucune détérioration visible
	Isolant, poly et plaque de plâtre	1.13	1000	6.61	Aucune détérioration visible	1.12	1000	6.45	Aucune détérioration visible
	Terminé	1.15	1000	6.5	Aucune détérioration visible	1.12	1000	6.45	Aucune détérioration visible
BOITES ÉLECTRIQUES									
No. 5 POLY	Revêtement extérieur	trop élevé	60	9.98	Débit maximal obtenu	trop élevé	60	9.98	Débit maximal obtenu
	Isolant et poly	trop élevé	30	0.65	Détérioration du mastic autour du boîtier	0.22	600	1.1	Aucune détérioration visible
	Terminé	0.014	800	1.07	Aucune détérioration visible	0.14	1000	0.88	Aucune détérioration visible
No. 6 EASE	Revêtement extérieur pare-air	0.2	1000	3.23	Aucune détérioration visible	0.21	1000	3.65	Aucune détérioration visible
	Terminé	0.2	1000	3.1	Aucune détérioration visible	0.2	1000	3.5	Aucune détérioration visible
No. 7 ADA	Revêtement extérieur	trop élevé	40	7.46	Débit maximal obtenu	trop élevé	40	9.32	Débit maximal obtenu
	Isolant, poly et plaque de plâtre	5.4	150	9.2	Débit maximal obtenu	5.5	150	9.7	Débit maximal obtenu
	Terminé	2.5	500	8.2	Débit maximal obtenu	2.6	500	8.4	Débit maximal obtenu
	Boîtes élect. recouvertes de poly	0.2	1000	2.58	Séparation du ruban / plaque de plâtre	0.35	1000	1.29	Aucune détérioration visible
No. 8 TRAD	Revêtement extérieur	0.63	1000	3.8	Aucune détérioration visible	0.63	1000	3.5	Aucune détérioration visible
	Terminé	0.54	1000	3.5	Aucune détérioration visible	0.54	1000	3.8	Aucune détérioration visible
ASSEMBLAGE DE FENETRE									
No. 9 POLY	Rev. extérieur, isolant et poly	2.14	100	3.15	Détérior. du mastic autour du dormant	0.37	1000	1.15	Aucune détérioration visible
	Terminé	0.2	1000	1	Aucune détérioration visible	0.29	1000	1.98	Aucune détérioration visible
No. 10 EASE	Rev. extérieur pare-air et mousse	0.24	1000	3.32	Aucune détérioration visible	0.24	1000	3.06	Aucune détérioration visible
	complète	0.24	1000	2.95	Aucune détérioration visible	0.25	1000	3.15	Aucune détérioration visible
No. 11 ADA	Rev. ext., isolant et plaque de plâtr	trop élevé	25	3.18	Aucune détérioration visible	trop élevé	25	3.27	Débit maximal obtenu
	Terminé	trop bas	1000	0.35	Aucune détérioration visible	trop bas	800	0.24	Aucune détérioration visible
No. 12 TRAD	Terminé, excepté bluseruse	3	200	6.53	Débit maximal obtenu	2.47	300	7.79	Débit maximal obtenu
	Terminé	2.47	300	7.17	Débit maximal obtenu	1.87	500	7.47	Débit maximal obtenu

REMARQUES:

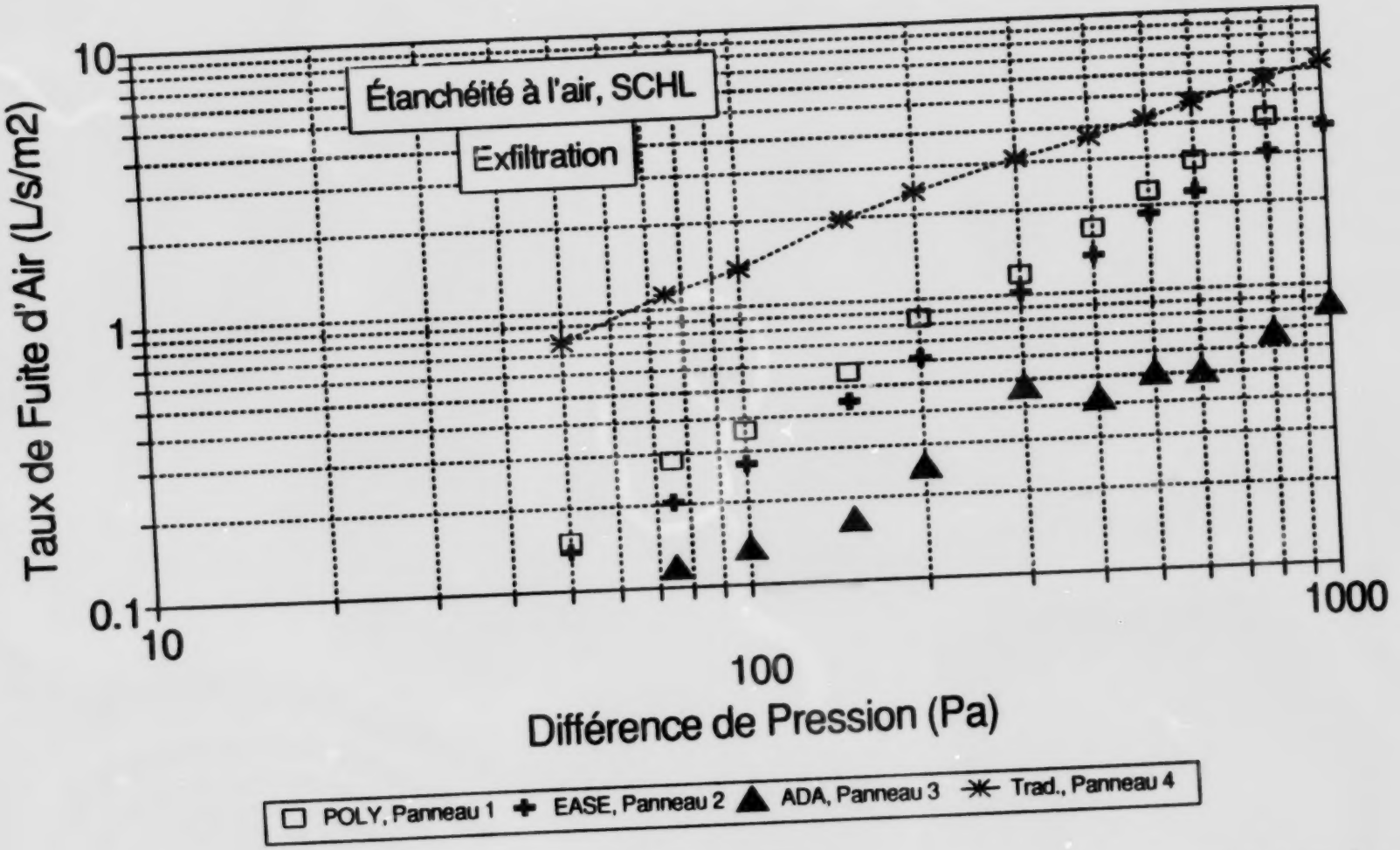
- "press. max." : différence de pression maximale obtenue pour cet essai. Celle-ci est déterminé par la détérioration de l'élément à ce niveau, par la capacité de l'appareillage d'essai ou par le seuil maximal fixé au départ (1 000 Pa).
- La mention "trop élevé" signifie que l'appareillage d'essai ne permettait pas de créer une différence depression de 75 Pa.
- La mention "trop bas" signifie que le taux d'écoulement se situait en-deça des niveaux mesurables à l'aide des instruments utilisés.

SOLIVE DE RIVE
PANNEAUX TERMINÉS



Graphique 6.1

SOLIVE DE RIVE
PANNEAUX TERMINÉS



Graphique 6.2

Pour le panneau n° 1, en mode d'infiltration, cela donne l'équation suivante :

$$1,78 = 0,24(^{1000}/_{75})^{n}$$

Cela correspond à une valeur de n de 0,77, ce qui semble raisonnable pour un système présentant de très petites ouvertures favorables aux fuites d'air. Si on utilise cet exposant pour extrapoler les résultats en mode d'exfiltration pour le panneau n° 1, on obtient une valeur de 1,92 l/s.m² à 1 000 Pa, au lieu de la valeur mesurée, qui est de 4,06 l/s.m². La valeur théorique maximale de n étant de 1, on obtient une valeur de 3,1 l/s.m² à 1 000 Pa. On doit donc en conclure que la surface de fuite équivalente des fuites du panneau n° 1 s'accroît à une différence de pression de 1 000 Pa.

On peut expliquer ces résultats par le fait que la membrane Tyvek, qui recouvre l'extérieur de la solive de rive du panneau n° 1 et assure l'étanchéité à l'air de cet élément, n'est appuyée que par le revêtement de fibre de verre semi-rigide en mode d'exfiltration et qu'elle ballonne sous l'effet de la pression. La membrane se détache alors de la solive, exposant toute la surface de celle-ci et permettant la diffusion de l'air à travers la solive. En mode d'infiltration, la membrane adhère à la solive, ce qui limite la surface de diffusion (un peu comme ce qui se passe avec une soupape). Ce ballonnement peut aussi entraîner la détérioration de la membrane à la suite de contraintes répétées.

Si on procède à la même analyse des résultats obtenus pour le panneau n° 2 (méthode EASE), on observe, à la différence de pression la plus élevée (1 000 Pa), une augmentation similaire de la surface de fuite équivalente (SFÉ) pour le panneau terminé, tant en mode d'infiltration qu'en mode d'exfiltration. Il est probable que la différence de pression a causé la séparation des panneaux de fibres et de la membrane Tyvek intercalée entre ceux-ci. Comme la baisse de pression se produit principalement à travers la membrane Tyvek, le panneau de fibres intérieur a tendance à bomber vers l'intérieur en mode d'infiltration, créant une ouverture entre la membrane Tyvek et le revêtement extérieur. En mode d'exfiltration, c'est l'inverse qui se produit. Ainsi, l'air est distribué plus uniformément sur toute la surface de la membrane Tyvek, tant en mode d'infiltration qu'en mode d'exfiltration. À de faibles différences de pression, aucun effet semblable ne se produit et l'on observe donc une résistance considérable au mouvement latéral de l'air dans le plan de la membrane. À des différences de pression élevées, le taux de fuite global était légèrement plus élevé en mode d'exfiltration, sans doute en raison de la faible cambrure du revêtement placé devant la solive de rive en mode d'infiltration. Ces effets peuvent toutefois ne pas pas être importants dans la pratique puisque, dans la plupart des endroits, les différences de pression à travers les murs d'une maison seront généralement inférieures à 75 Pa.

Les taux de fuite mesurés pour le panneau n° 2, avant la mise en oeuvre de la plaque de plâtre, étaient identiques à ceux mesurés pour le panneau terminé à 75 Pa, et seulement légèrement supérieurs à ceux du panneau terminé à 1 000 Pa. Par conséquent, le revêtement de plâtre ne contribue que très peu à l'étanchéité à l'air du panneau terminé.

Durant la séquence d'essais sur les panneaux non terminés, seul le panneau n° 1 a montré des signes de détérioration. Cette détérioration est survenue au cours des essais en mode d'infiltration à une différence de pression de 50 Pa. Le joint de mastic acoustique entre la feuille de polyéthylène et la membrane d'oléfine s'est ouvert. Il a été réparé avant de passer à l'étape suivante de la construction, mais cela illustre bien la sensibilité de cette méthode aux surcharges dues au vent lorsque la construction n'est pas terminée. On devra donc étudier davantage ce type de construction afin de déterminer si de telles défaillances du cordon d'étanchéité sont corrigées par l'action d'agrafage de la plaque de plâtre.

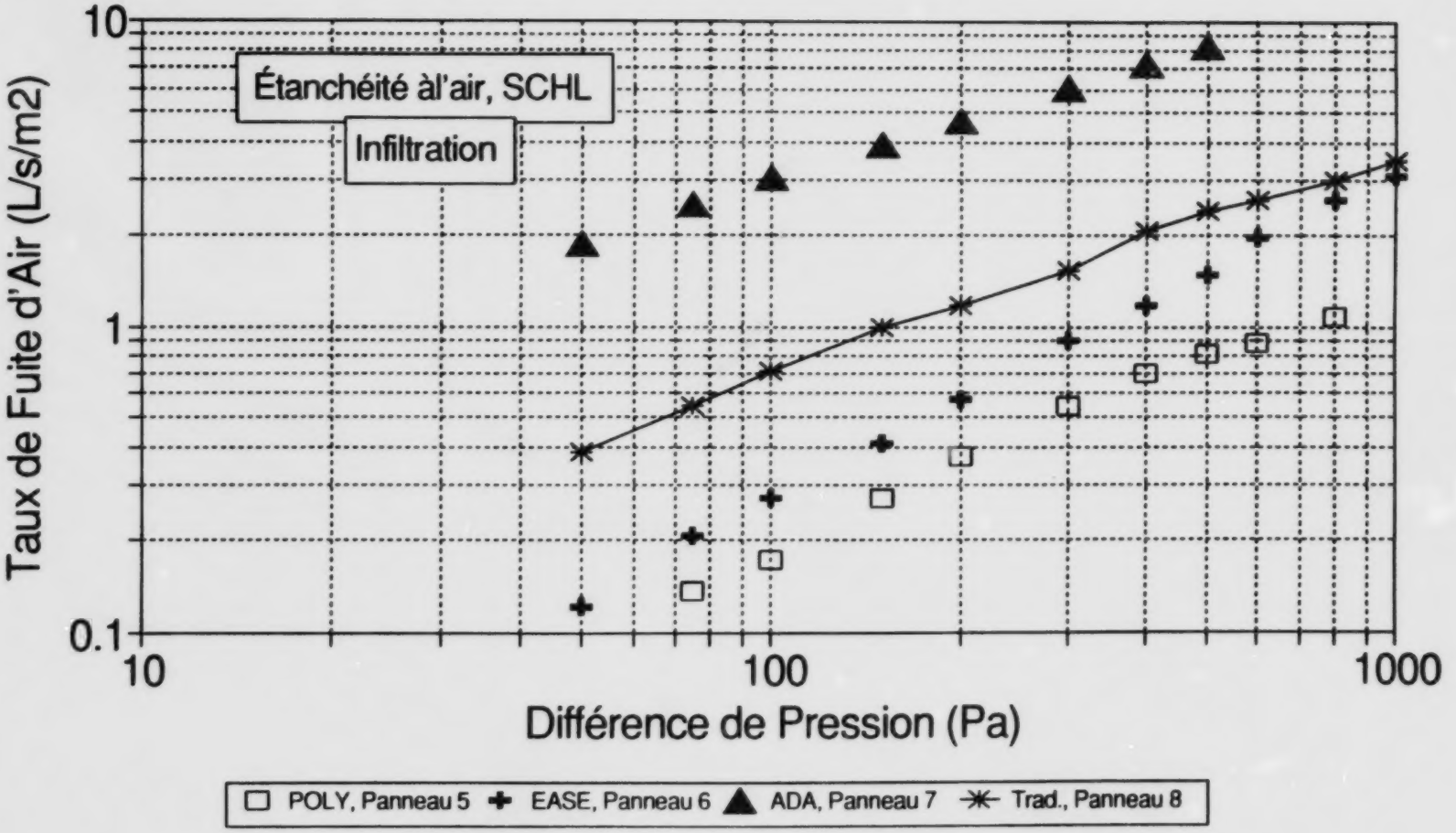
Les résultats obtenus pour le panneau n° 1 non terminé, alors que seul le revêtement extérieur avait été fixé, indiquent que le panneau de fibre de verre offre très peu de résistance au mouvement de l'air. Cette observation vaut également pour le panneau n° 3. Par contre, les résultats du panneau n° 4 (méthode traditionnelle) indiquent que le panneau d'aggloméré constitue le revêtement qui offre le plus haut degré de résistance au mouvement de l'air.

6.2 Boîtes de sortie électrique

Le tableau 6.1 et les graphiques 6.3 et 6.4 illustrent le débit net par mètre carré de panneau mesuré aux différences de pression spécifiées pour le panneau n° 5 (méthode POLY), le panneau n° 6 (méthode EASE), le panneau n° 7 (méthode ADA) et le panneau n° 8 (méthode traditionnelle).

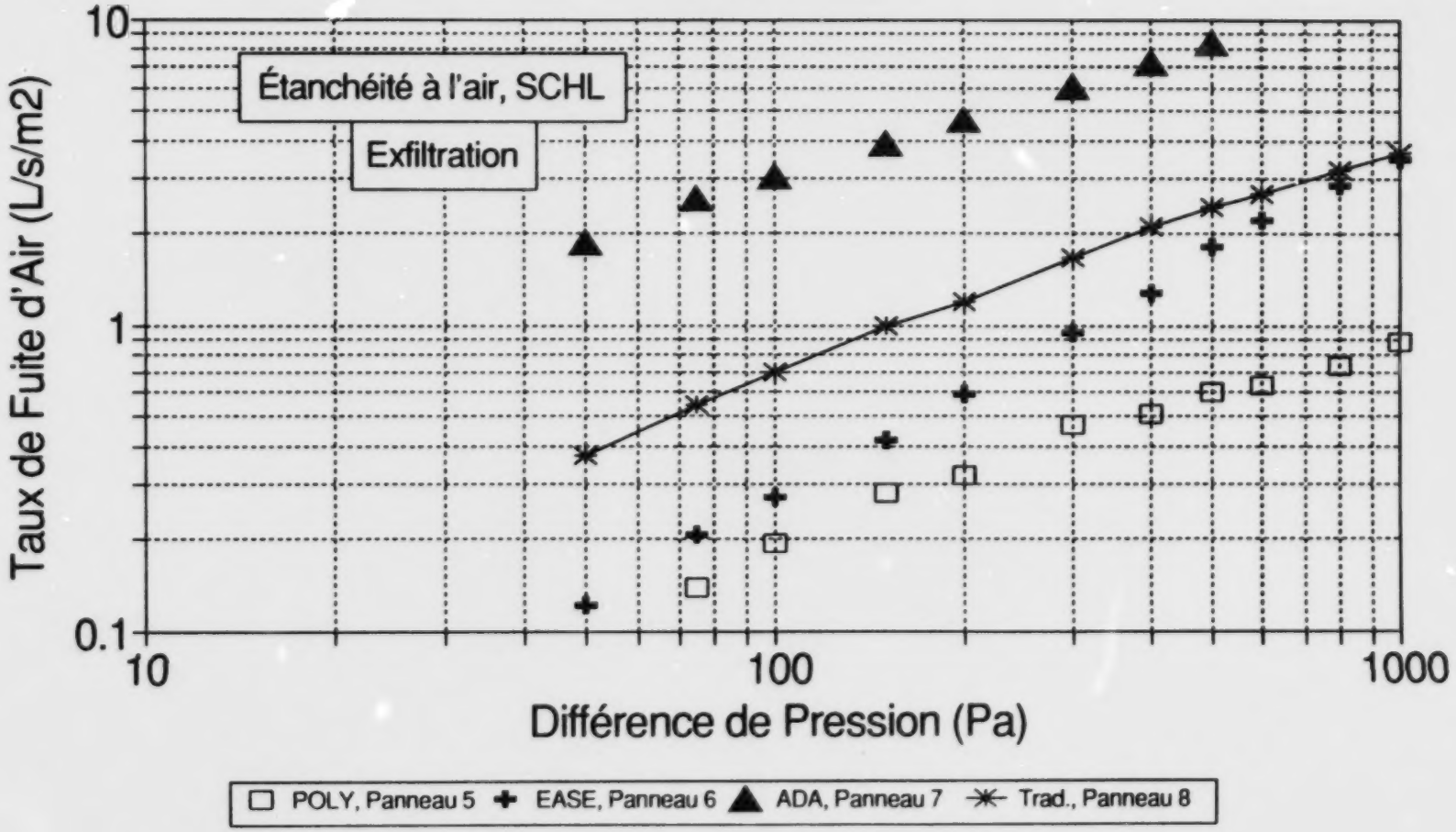
Le panneau n° 5 (méthode POLY) s'est avéré le plus étanche des quatre panneaux étudiés. Le tableau 6.1 indique les résultats obtenus pour le panneau terminé, avant la pose des plaques murales. Les résultats obtenus après la pose des plaques murales en mode d'exfiltration sont anormaux : ils trahissent une augmentation notable des fuites d'air à toutes les différences de pression (voir le graphique 14). Cette anomalie est probablement attribuable au déplacement du mastic d'étanchéité (par ex., autour des câbles qui traversent le boîtier de polyéthylène), qui aurait pu survenir avant d'amorcer cette séquence d'essais. Lors des essais ayant précédé la mise en oeuvre de la plaque de plâtre, on a noté une défaillance du joint de mastic acoustique entre la feuille de polyéthylène et le boîtier en polyéthylène en mode d'infiltration à une différence de pression de 30 Pa. Cette pression équivaut à la vélocité frontale d'un vent de 7,1 m/s (16 mi/h).

BOITES DE SORTIE ÉLECTRIQUE
PANNEAUX TERMINÉS



Graphique 6.3

BOITES DE SORTIE ÉLECTRIQUE
PANNEAUX TERMINÉS



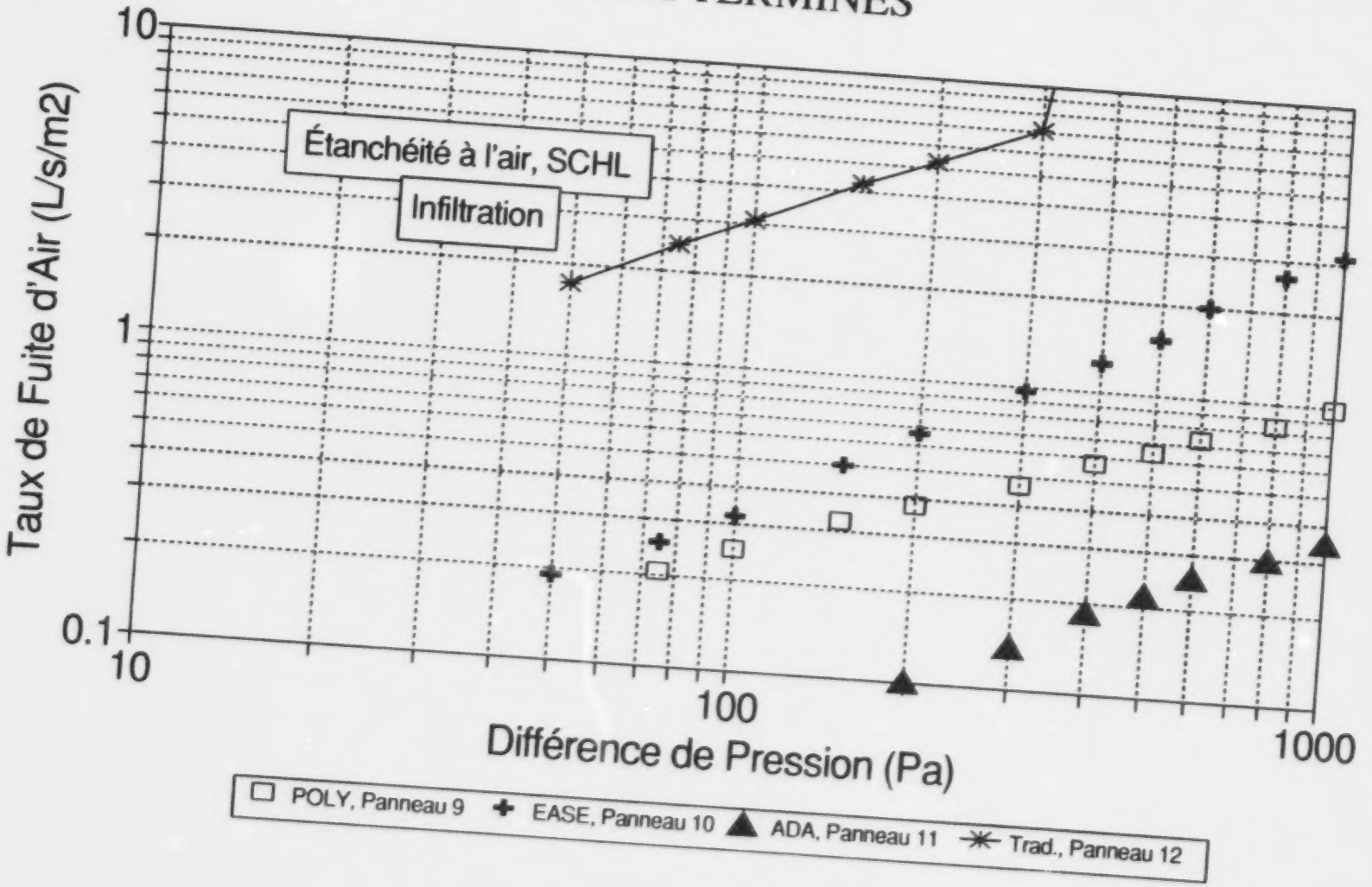
Graphique 6.4

Le panneau n° 6 (méthode EASE) a également démontré une résistance élevée aux fuites d'air à une différence de pression peu élevée (75 Pa). On a observé une augmentation de la surface de fuite équivalente à une différence de pression élevée (1 000 Pa), ce qui s'apparente aux résultats obtenus pour le panneau n° 2. On attribue la cause de cette augmentation à la cambrure du panneau de fibres, à l'instar du panneau n° 2. Il est probable que la plus grande partie de la résistance du panneau n° 6 au mouvement de l'air provient des panneaux de fibres et de la membrane Tyvek intercalaire. Cette hypothèse est d'ailleurs supportée par les résultats obtenus lors des essais du panneau non terminé, alors que seul le revêtement pare-air extérieur avait été posé, et pour lequel les valeurs de fuite ne sont que légèrement supérieures à celles du panneau terminé. Le taux de fuite d'air pour l'assemblage panneaux de fibres-membrane Tyvek est donc d'environ 0,2 l/s.m^2 à 75 Pa. Cet assemblage offrait toutefois une résistance moindre au mouvement à 1 000 Pa en raison de la cambrure et de la séparation des panneaux de fibres. Si on extrapole la valeur de fuite obtenue à 1 000 Pa (soit 3,3 l/s.m^2) pour déterminer la valeur résultante à une différence de pression de 75 Pa, en supposant un exposant de 0,75, on obtient un taux de 0,47 l/s.m^2. Ce taux correspond sans doute au taux de fuite de la membrane Tyvek seule.

Le panneau n° 7 terminé (méthode ADA) présentait très peu de résistance au mouvement d'air. Les fuites mesurées sont principalement attribuables aux vides autour des boîtes électriques. Ceci est d'ailleurs confirmé par les résultats d'une séquence d'essais additionnelle, tel qu'illustré au tableau 6.1, au cours de laquelle on avait recouvert les boîtes d'un morceau de polyéthylène scellé au revêtement en plaque de plâtre avec du ruban adhésif en toile. Cet arrangement a permis d'abaisser le taux de fuite mesuré à 75 Pa au niveau du panneau n° 6.

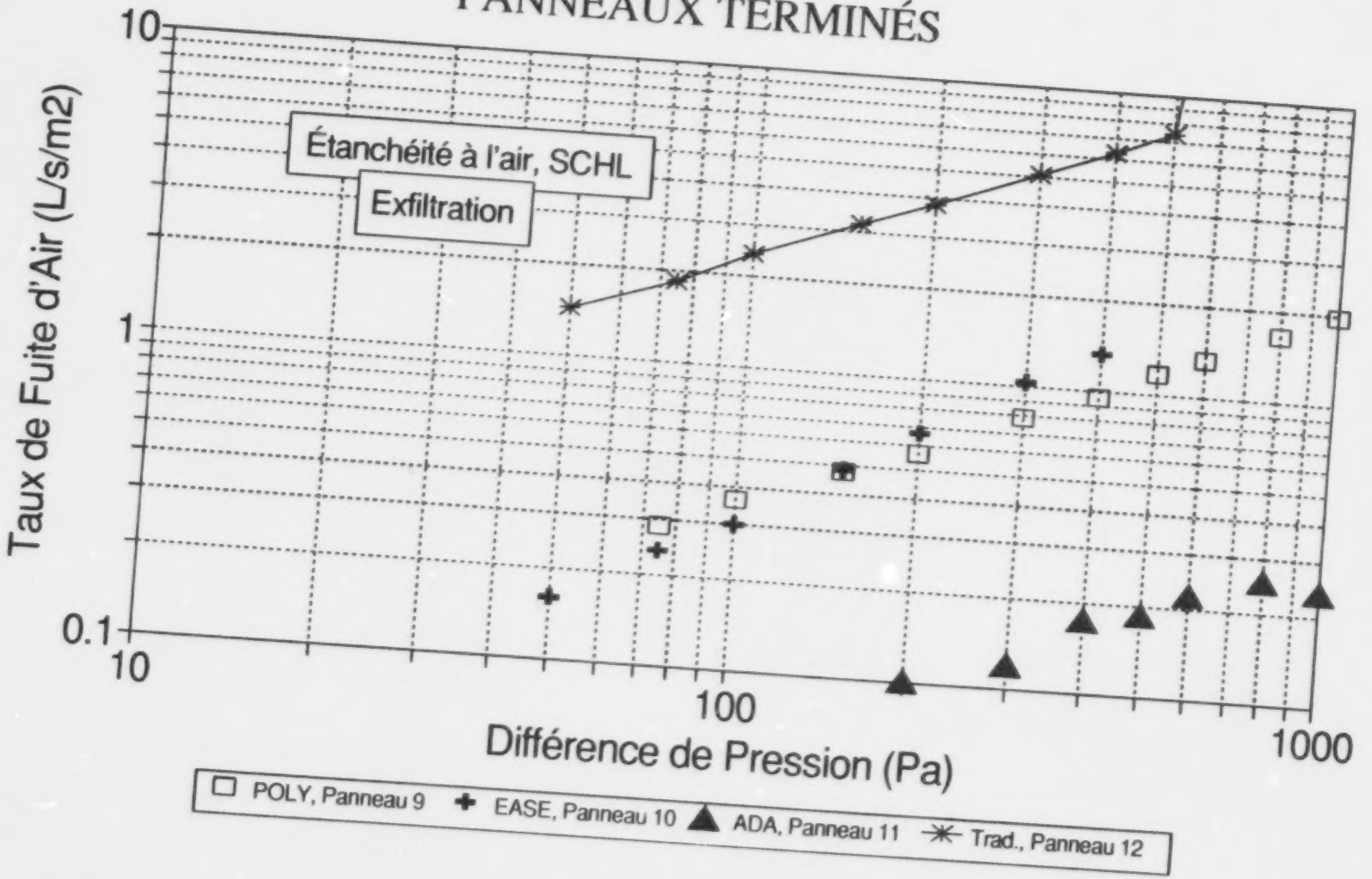
Le panneau n° 8 (méthode traditionnelle) présentait une résistance au mouvement d'air plus élevée que le panneau n° 7. Les valeurs de fuite mesurées lors de la séquence d'essai du panneau non terminé (revêtement extérieur seulement) n'étaient que légèrement supérieures à celles du panneau terminé, ce qui indique une faible résistance au mouvement au-delà des boîtes électriques. Le principal élément s'opposant au mouvement de l'air était constitué par le revêtement extérieur. La valeur de fuite du revêtement d'aggloméré du panneau n° 8 est d'environ 0,6 l/s.m^2 à 75 Pa; la valeur correspondante pour le panneau n° 4 est de 1,4 l/s.m^2. On attribue ces différences aux fluctuations des caractéristiques de fuite du revêtement d'aggloméré et aux écarts dus aux fuites d'air à travers les trous de clous et sur les bords du panneau.

FENETRE
PANNEAUX TERMINÉS



Graphique 6.5

FENETRE
PANNEAUX TERMINÉS



Graphique 6.6

6.3 Assemblage de fenêtre

Le tableau 6.1 et les graphiques 6.5 et 6.6 illustrent le débit net par mètre carré de panneau mesuré aux différences de pression spécifiées pour le panneau n° 9 (méthode POLY), le panneau n° 10 (méthode EASE), le panneau n° 11 (méthode ADA) et le panneau n° 12 (méthode traditionnelle).

Le panneau n° 11 (méthode ADA) a enregistré le plus faible taux de fuite mesuré à 75 Pa. Des valeurs comparables ont été obtenues avec les panneaux n°° 9 et 10 (méthodes POLY et EASE respectivement). Le taux de fuite de tous les panneaux d'essai ne dépassait pas 15 p. 100 des valeurs obtenues avec le panneau construit selon la méthode traditionnelle.

Le panneau n° 10 (méthode EASE) et le panneau n° 9 (méthode POLY) présentaient des taux de fuite similaires à des différences de pression peu élevées, mais le panneau n° 10 était beaucoup plus perméable à l'air aux différences de pression élevées. Ceci est caractéristique de l'assemblage panneaux de fibres-membrane Tyvek, tel qu'observé pour les panneaux n°° 2 et 6. On peut extrapoler le débit d'air à travers la fenêtre du panneau n° 10 à 75 Pa à partir du taux mesuré pour l'assemblage panneaux de fibres-membrane Tyvek (panneau n° 6), qui s'élevait à 0,2 l/s.m^2. Si l'on tient compte de la superficie de la fenêtre, le débit total à travers la fenêtre est de 0,28 l/s à 75 Pa. Ceci équivaut à 0,27 m^3/h par mètre de périmètre de fenêtre. Le taux de fuite d'air maximal que prévoit la norme CSA A440-M90 pour une fenêtre fixe est de 0,25 m^3/h par mètre de périmètre de fenêtre. Par conséquent, l'interstice de calage du panneau n° 10 était relativement étanche à l'air. Il n'est pas possible de procéder à une analyse similaire pour le panneau n° 9 (méthode POLY), car on ne peut distinguer les fuites à travers l'interstice de calage de celles du reste du panneau d'essai. On peut toutefois présumer que les fuites à travers le pare-air de polyéthylène étaient inférieures à celles de l'assemblage de panneaux de fibres-membrane Tyvek du panneau n° 10. On en déduit que l'assemblage de fenêtre du panneau n° 9 présentait un taux de fuite plus élevé à 75 Pa que le panneau n° 10.

Encore une fois, on a constaté que la méthode POLY était davantage susceptible d'entraîner la détérioration du joint de mastic acoustique avant la mise en oeuvre de la plaque de plâtre, puisqu'elle a fait défaut en mode d'infiltration à une différence de pression de 100 Pa. C'est surtout dans les angles du dormant de fenêtre, où le polyéthylène a été coupé à 45°, que des fuites sont le plus susceptible de se produire (photo 10).

Pour le panneau n° 11 (méthode ADA), on a utilisé (à la suggestion d'un constructeur) un ruban adhésif en toile afin d'assurer l'intégrité du pare-air au niveau de l'interstice de calage de la fenêtre. Cette solution s'est avérée efficace, puisque l'on a observé des débits très faibles aux différences de pression négatives et positives (c.-à-d. en mode d'exfiltration et d'infiltration). On avait pourtant mesuré des taux de fuite très élevés pour cette séquence d'essais juste avant de poser le ruban. On peut toutefois s'interroger sur la durabilité à long terme du ruban et de l'adhésif, car celui-ci est soumis au froid, à la chaleur et parfois à l'humidité. Ce panneau devrait donc faire l'objet d'essais

additionnels afin de vérifier si cette solution permet d'assurer l'intégrité du pare-air à long terme.

Les résultats obtenus pour le panneau n° 12 (méthode traditionnelle) indiquent un taux de fuite très élevé pour l'assemblage de fenêtre. Les résultats obtenus pour le panneau n° 8 indiquent que le débit à travers la partie du mur recouverte d'un panneau d'aggloméré et d'un panneau de plâtre se situait entre 0,51 et 1,1 l/s.m^2 à 75 Pa (cette valeur pourrait également être plus élevée en raison de la longueur accrue des bords exposés du revêtement autour de la fenêtre). Le débit à travers l'assemblage de fenêtre (moyenne des valeurs obtenues en mode d'infiltration et d'exfiltration) se situe entre 4,8 et 3,51 l/s.m^2, soit entre 4,6 et 3,4 m^3/h par mètre de périmètre de l'interstice de calage. À titre de comparaison, rappelons que la norme CSA A440-M90 spécifie un taux de fuite maximal de 2,79 m^3/h pour la catégorie de fenêtres munies d'ouvrants la moins étanche.

7. DISCUSSION

7.1 Fuites d'air totales

Il n'existe pas, actuellement, de normes qui définissent les niveaux tolérables de fuite d'air à travers les éléments de construction étudiés dans le cadre de la présente étude. Il existe toutefois certaines valeurs qui peuvent servir de points de référence pour la comparaison des résultats obtenus.

- Lux et Brown, du CNRC, suggèrent dans une communication présentée lors du séminaire Regard sur la science du bâtiment de 1989 de limiter les fuites d'air des murs à 0,05, 0,1 ou 0,15 l/s/m² à 75 Pa pour les bâtiments dont l'humidité relative se situe respectivement au-dessus de 55 p. 100 (type 3), entre 27 et 55 p. 100 (type 2), ou au-dessous de 27 p. 100 (type 1). Les bâtiments résidentiels se situent normalement dans la deuxième catégorie, soit de 0,1 l/s/m² à 75 Pa.

- L'American Architectural Manufacturers Association (AAMA) tolère un débit d'air total de 0,3 l/s/m² à 75 Pa pour les murs-rideaux en verre et en aluminium.

- Le programme R-2000 exige que la surface de fuite équivalente de l'enveloppe d'un bâtiment, incluant les ouvertures prévues, les points de pénétration des tuyaux, etc., ne dépasse pas 0,7 cm²/m² (en outre, on fixe une limite pour le nombre de renouvellements d'air par heure à 50 Pa dus aux fuites de l'enveloppe). La surface de fuite équivalente (SFÉ) peut être exprimée sous forme de taux de fuite par m² à 10 Pa à l'aide de l'équation suivante :

  $$Q_{10}(l/s) = 788\ SFÉ(m^2)\ (10)^{1/2}$$

  Le taux de fuite par m² à 75 Pa est calculé à l'aide de l'équation suivante :

  $$Q_{75}(l/s) = Q_{10}(7,5)^n$$

  En attribuant à n la valeur de 0,65, on obtient un taux de fuite d'environ 0,64 l/s/m² à 75 Pa.

- Les essais d'étanchéité récents effectués sur des bâtiments construits en série indiquent que les caractéristiques de fuite moyenne correspondent à peu près au double de cette valeur (soit 1,4 l/s/m² à 75 Pa).

Les valeurs susmentionnées correspondent aux taux de fuite recommandés pour la totalité de l'enveloppe du bâtiment. Nos panneaux d'essai présentaient un pourcentage élevé de joints ou de points de pénétration par rapport à l'aire totale du mur. Même dans ces conditions, lorsqu'on compare nos résultats (voir le tableau 6.1) aux points de référence ci-dessus, seuls les panneaux d'essai construits selon la méthode «traditionnelle» ainsi que le panneau n° 7 (boîtes électriques installées

selon la méthode ADA) peuvent être qualifiés de peu étanches. Tous les autres satisfont à la norme de l'AAMA. Un seul des panneaux, le panneau n° 11 (assemblage de fenêtre construit selon la méthode ADA), satisfait aux normes suggérées par les chercheurs du CNRC (0,1 l/s/m² à 75 Pa). Toutefois, les deux autres panneaux se rapprochaient de cette valeur si on la divise par deux pour tenir compte du rapport «périmètre de fenêtre/mètre carré de mur» d'un assemblage type.

Nous avons constaté que les panneaux d'essai qui utilisaient une membrane d'oléfine comme élément constitutif du pare-air présentaient un niveau potentiel d'étanchéité à l'air plutôt limité. Ceci ne doit pas nous surprendre puisque des essais antérieurs réalisés par la SCHL ont indiqué que ce matériau présentait lui-même une perméabilité à l'air correspondant à un taux de fuite d'environ 0,3 à 0,4 l/s.m² à 75 Pa.

Les panneaux d'essai qui utilisaient une membrane d'oléfine intercalée entre deux panneaux de fibres (méthode EASE) présentaient une perméabilité équivalant à environ 50 p. 100 de ce taux. Cette valeur correspond, semble-t-il, à la limite fondamentale réalisable à l'aide de ce type d'assemblage, puisque, dans le cas de certains des panneaux d'essais, le pare-air était ininterrompu. Il serait sans doute possible d'accroître la résistance au mouvement d'air de ce type de construction en superposant plusieurs épaisseurs de membrane.

La faible perméabilité à l'air du polyéthylène et de la plaque de plâtre devrait normalement permettre d'obtenir une plus grande étanchéité à l'air, mais cela n'est vrai que si les joints sont également étanches. Puisque la perméance à la vapeur d'eau de ces matériaux exige que ceux-ci soient situés du côté intérieur de l'isolant, cette solution suppose un plus grand nombre de joints que dans le cas de l'assemblage panneaux de fibres-membrane Tyvek.

Une autre façon d'analyser ces résultats consiste à évaluer la contribution de ces différents éléments à la fuite d'air totale du bâtiment. Le tableau 7.1 fournit les valeurs de fuite de chaque panneau en fonction de la longueur de l'élément ou du nombre de détails qu'il comporte.

TABLEAU 7.1
DÉBIT À ±75 Pa

	SOLIVE DE RIVE (l/s/m d'élém.)	BOÎTES ÉLECTRIQUES (l/s/m b. électr.)	ASSEMBLAGE DE FENÊTRE (l/s/m)
MÉTHODE POLY	0,05	0,02	0,07
MÉTHODE EASE	0,039	0,03	0,062
MÉTHODE ADA	0,022	0,38	0,008
MÉTHODE TRAD.	0,22	0,085	0,6

Les valeurs indiquées au tableau 7.1 reflètent les fuites d'air à travers l'élément étudié, en supposant que le débit d'air se fait aussi à travers cet élément. Ceci n'est évidemment pas le cas, puisque l'air peut également s'infiltrer à travers les matériaux de revêtement, particulièrement dans le cas où une membrane d'oléfine filée-liée constitue le principal agent d'étanchéité à l'air. Nous en avons donc tenu compte dans la présentation des résultats. Ainsi, le taux de fuite de l'assemblage de fenêtre construit selon la méthode EASE pourrait être de 0,073 l/s.m, tandis que celui de l'assemblage de fenêtre construit selon la méthode traditionnelle pourrait se situer entre 0,92 et 1,3 l/s.m.

On peut se servir des résultats indiqués au tableau 7.1 pour évaluer, de façon approximative, la contribution de chaque élément à la fuite totale du bâtiment.

Une maison de 2 étages avec sous-sol ayant une superficie de 150 m^2 (1 600 pi^2) et des dimensions extérieures de 7,5 m x 10 m a un volume d'environ 560 m^3 et possède environ 70 m de solives de rive, 15 prises électriques situées dans les murs extérieurs et environ 40 m de périmètre de fenêtre.

La méthode d'essai standard pour mesurer l'étanchéité à l'air d'une maison utilise le nombre de renouvellements d'air à l'heure (RA/h) à 50 Pa. Des études récentes ont indiqué que les nouvelles maisons présentaient entre 3 et 4 RA/h à 50 Pa. Les maisons R-2000 doivent présenter un taux d'au plus 1,5 RA/h. La plupart de ces maisons présentent un taux d'environ 0,8 RA/h à 50 Pa.

Le débit des fuites de l'enveloppe à 50 Pa équivaut à environ 75 p. 100 de celui mesuré à 75 Pa, et nous pouvons donc convertir les valeurs indiquées au tableau 7.1 en nombre de RA/h à l'aide de l'équation suivante, en tenant compte des hypothèses susmentionnées :

$$\text{RA/h à 50} = \frac{\text{l/s par unité à 75} \times \text{aire des unités} \times 75\ \%}{\text{volume de la maison}} \times 3,6$$

Les résultats obtenus sont présentés au tableau 7.2

TABLEAU 7.2

CONTRIBUTION DE L'ÉLÉMENT À LA FUITE D'AIR TOTALE D'UNE MAISON EXEMPLAIRE

	SOLIVE DE RIVE (75 m) (RA/h)	15 BOÎTES ÉLECTRIQUES (RA/h)	FENÊTRES (40 m) (RH/h)	TOTAL
MÉTHODE POLY	0,0168	0,0014	0,0135	0,0317
MÉTHODE EASE	0,0132	0,0022	0,0120	0,0274
MÉTHODE ADA	0,0074	0,0275	0,0015	0,0364
MÉTHODE TRAD.	0,0743	0,0062	0,1157	0,1962

On sera sans doute surpris de constater la petitesse des valeurs de fuite ainsi calculées, mais on ne devrait pas en conclure pour autant qu'elles sont insignifiantes. Nos panneaux d'essai ont fait l'objet d'un contrôle de qualité strict, et ils présentaient probablement des valeurs de fuite moindres que des éléments de bâtiment similaires. Par ailleurs, la possibilité que des problèmes dus à une fuite puissent se produire dans un endroit fermé tel qu'un joint est sans doute beaucoup plus élevée qu'elle ne le serait proportionnellement à sa contribution à la fuite totale.

Il convient de noter que les fuites totales calculées pour chacune des méthodes d'étanchéisation équivalent toutes à moins de 20 p. 100 des valeurs obtenues à l'aide de la méthode traditionnelle, où aucune attention particulière n'était accordée à l'étanchéité à l'air.

7.2 Fuites d'air des éléments étudiés

Il faut également reconnaître que les éléments étudiés ne sont pas les seuls qui puissent être utilisés avec une méthode de construction particulière, et qu'ils ne sont pas non plus exclusifs à cette méthode. Ainsi, on pourrait tout aussi bien utiliser une mousse isolante pour calfeutrer l'interstice de calage des fenêtres, selon l'une ou l'autre des méthodes utilisées. Il existe également d'autres produits et méthodes pour réaliser l'étanchéité à l'air des boîtes électriques construites selon la méthode ADA qui sont semblables à ceux qui ont été utilisés avec la méthode POLY.

Les résultats des essais indiquent que les trois méthodes utilisées pour réaliser un pare-air continu ont toutes permis d'améliorer de façon appréciable l'étanchéité à l'air des éléments de construction soumis aux essais. Il semble possible de construire des maisons étanches

(satisfaisant au critère de 1,5 renouvellement d'air à l'heure établi par le programme R-2000) à l'aide de l'une ou l'autre de ces méthodes.

Nos essais ont démontré que l'utilisation de garnitures d'étanchéité pour sceller les joints des panneaux construits selon la méthode ADA s'est avérée efficace, du moins lorsque les interstices entre les éléments de l'ossature sont limités au minimum grâce à une construction soignée, comme ce fut le cas avec nos panneaux d'essai.

Notre panneau d'essai de solive de rive à l'aide de la méthode POLY n'était pas aussi étanche, mais nous avons découvert que le gros des fuites était dû à la perméabilité de la membrane d'oléfine filée-liée entourant la solive, plutôt qu'au scellement des joints eux-mêmes. Nos essais ont également démontré l'importance de situer les joints à un endroit où le mastic d'étanchéité sera comprimé entre les éléments structuraux rigides. Les panneaux d'essai terminés ont résisté à des contraintes élevées, telles que les surcharges dues au vent, bien que les joints se soient avérés relativement fragiles avant la pose de la plaque de plâtre.

Dans le cas de la méthode EASE, il n'est pas nécessaire de sceller les joints de l'ossature.

Nos essais ont démontré que, parmi les éléments testés, le plus gros potentiel d'amélioration de l'étanchéité à l'air par rapport aux méthodes de construction traditionnelles se situe au niveau du scellement des dormants de fenêtre. Nos essais faisaient appel à trois techniques différentes pour sceller l'espace autour des fenêtres, soit la doublure de contreplaqué avec la méthode POLY, le ruban adhésif en toile avec la méthode ADA, et l'isolant moussé en place avec la méthode EASE. Toutes ces techniques se sont avérées efficaces pour réduire les fuites d'air autour des fenêtres, mais le ruban adhésif et la mousse isolante semblent avoir donné les meilleurs résultats. Ces techniques peuvent évidemment être appliquées conjointement avec des méthodes de construction différentes de celles qui ont fait l'objet des essais.

Pour le panneau d'essai n° 11, on a utilisé un ruban adhésif en toile pour sceller le cadre de fenêtre à la suggestion d'un constructeur. Cette solution s'est avérée fort efficace. Nous ne pouvons toutefois, en l'absence d'essais connus, nous prononcer sur la durabilité de ce matériau et de son adhésif pour ce genre d'application.

Nos essais sur l'étanchéisation des boîtes de sortie électrique à l'aide d'une simple garniture d'étanchéité recouvrant l'ouverture de la boîte ont démontré que cette méthode ne pouvait se substituer à l'étanchéisation de la boîte elle-même ou à la pose d'un boîtier de polyéthylène. Ces garnitures constituent toutefois une amélioration par rapport aux boîtes électriques non scellées et nous les recommandons comme un moyen relativement simple de réduire les fuites d'air à travers les prises électriques extérieures dans les maisons existantes.

7.3 Performance structurale

Le pare-air doit pouvoir supporter les contraintes structurales qui lui sont appliquées. Nous n'avons trouvé qu'un seul cas où un panneau d'essai terminé a montré des signes de détérioration durant les essais de contraintes structurales. Il s'agit du panneau n° 5 (boîtes électriques utilisant la méthode POLY), où l'on a observé une légère augmentation des fuites après les essais à des différences de pression élevées (environ 700 Pa). Même dans ces conditions, ce panneau s'est avéré plus étanche que les autres éléments construits à l'aide des méthodes concurrentes. La performance structurale des panneaux d'essai indique qu'il est possible de construire des assemblages étanches à l'air et structuralement satisfaisants à l'aide de l'une ou l'autre des trois méthodes étudiées (du moins en ce qui a trait aux bâtiments de faible hauteur), mais que cela semble plus difficile à réaliser au moyen de la méthode POLY.

Un inconvénient des assemblages réalisés à l'aide de la méthode POLY est qu'ils sont plus susceptibles d'être endommagés par le vent au cours de la construction. Cette méthode utilise le revêtement intérieur à la fois comme support et comme dispositif d'agrafage mécanique des joints de mastic acoustique. Or ces joints se sont ouverts au cours des essais des panneaux non terminés à des différences de pression aussi faibles que 30 Pa. Ces joints ont été réparés sur nos panneaux d'essai avant la mise en oeuvre de la plaque de plâtre. Nous pouvons présumer qu'en raison de l'emplacement des joints, la pression exercée par la plaque de plâtre contribue à sceller les joints. Il reste toutefois à démontrer que cette hypothèse se vérifie sur le terrain.

Les essais effectués dans le cadre de cette étude ne sont qu'une première étape dans la définition des caractéristiques de fuite d'éléments de construction étanches à l'air et des méthodes permettant d'assurer l'étanchéité des ouvertures pratiquées à travers ces éléments.

Notre programme d'essais ne portait que sur un échantillon limité d'éléments et ne tenait pas compte de facteurs prépondérants, tels que l'importance des vices de construction ou la durabilité des techniques d'étanchéisation utilisées à long terme. La méthodologie mise au point pour cette étude peut toutefois s'appliquer à l'essai de presque tous les éléments de construction, avec ou sans vice de construction. Quant à la durabilité des matériaux, elle peut être évaluée, du moins en partie, à l'aide d'essais de pression cycliques, et en répétant les essais à la suite de l'exposition des panneaux à des conditions pouvant entraîner la détérioration des assemblages scellés.

7.4 Questions méritant une étude plus approfondie

Voici quelques-unes des questions soulevées à la suite de l'examen des résultats de la présente étude :

1. On n'a accordé que peu d'attention dans le passé à la définition de limites adéquates pour les fuites d'air au niveau des éléments de construction de l'enveloppe des bâtiments résidentiels. Le programme R-2000 établit bien certaines limites générales pour l'enveloppe du bâtiment, mais celles-ci englobent les fuites à travers toutes les

ouvertures, y compris les portes et les fenêtres. Des limites ont été définies pour les fenêtres, mais pas pour les éléments de construction entourant celles-ci. Il serait sans doute utile d'établir des lignes directrices réalistes en ce qui a trait à l'étanchéité à l'air des différents éléments qui composent l'enveloppe des bâtiments résidentiels.

2. La défaillance du joint de mastic acoustique des panneaux d'essai POLY avant la mise en oeuvre du revêtement en plaque de plâtre s'est produite en mode d'infiltration à des différences de pression relativement peu élevées. Si les joints de mastic acoustique sont bien conçus, l'étanchéité pourra être rétablie lorsque le joint est comprimé par l'agrafage du revêtement de plâtre. Toutefois, la probabilité d'une détérioration permanente des joints de mastic acoustique réalisés selon la méthode POLY, due à l'action du vent durant la construction, mérite un examen plus poussé. Cet examen devrait porter également sur les détails de conception des joints, les chevauchements et les pressions d'agrafage, afin de réduire la possibilité d'une détérioration permanente.

3. Certaines des méthodes utilisées faisaient appel à des rubans et à des garnitures d'étanchéité pour réaliser l'étanchéité à l'air. On devrait étudier l'établissement de normes afin d'assurer la durabilité de ces éléments pour la période en service escomptée.

4. La méthode ADA utilise des garnitures d'étanchéité placées entre les éléments rigides. L'efficacité du joint obtenu dépend de la taille des ouvertures, des dimensions et des propriétés rhéologiques des garnitures, et des pressions auxquelles elles sont soumises. Encore une fois, il serait utile d'établir des lignes directrices en ce qui a trait aux tolérances de construction, aux dimensions et aux propriétés des garnitures, et à leur agrafage.

5. L'étanchéité à l'air obtenue à l'aide de la méthode EASE est largement tributaire de la perméabilité à l'air de la membrane d'oléfine. Il convient donc d'établir certains critères pour la perméabilité à l'air maximale permise pour ce type de membrane.

6. Les panneaux d'essai ont été assemblés soigneusement dans des conditions de laboratoire. Il faudrait évaluer l'étanchéité à l'air effective de ces assemblages sur le terrain.

8. CONCLUSION

1. Les trois méthodes «d'étanchéisation» évaluées peuvent être utilisées pour réaliser des enveloppes de bâtiment relativement étanches à l'air et conformes au programme R-2000 (1,5 renouvellement d'air à l'heure à 50 Pa).

2. L'utilisation d'une seule épaisseur de membrane d'oléfine filée-liée comme pare-air pose une limite à la résistance aux fuites d'air que l'on peut obtenir. Dans les panneaux d'essai où cette membrane constitue la totalité du pare-air ininterrompu (intercalée entre deux panneaux de fibres, méthode EASE), le taux de fuite d'air total était d'environ 0,2 l/s/m^2.

3. Bien que tous les panneaux terminés se soient bien comportés durant les essais structuraux à une différence de pression de 1 000 Pa, la membrane de polyéthylène semble être la plus susceptible d'être endommagée lorsqu'elle est soumise à des différences de pression élevées. Elle s'est montrée particulièrement fragile avant la mise en oeuvre du revêtement en plaque de plâtre, qui sert à la fois de support et de dispositif d'agrafage mécanique des joints.

4. Les garnitures d'étanchéité utilisées avec la méthode ADA ont donné les meilleurs résultats pour les assemblages de solives de rive. Les autres panneaux d'essai portant sur les solives de rive faisaient appel à une membrane d'oléfine filée-liée pour réaliser l'étanchéité à l'air de l'assemblage (voir le paragraphe 1 ci-dessus).

5. Les garnitures d'étanchéité pour prises électriques se sont avérées relativement inefficaces pour réaliser l'étanchéité à l'air de ces éléments, comparativement à la méthode faisant appel au boîtier de polyéthylène. Ces garnitures ont cependant permis de réduire les fuites d'air de moitié, et elles présentent un certain intérêt pour l'étanchéisation des bâtiments existants.

6. Le ruban adhésif en toile utilisé pour sceller l'interstice de calage du panneau construit à l'aide de la méthode ADA et la mousse d'uréthanne simple injectable utilisée avec le panneau EASE assurent tous deux une bonne étanchéité à l'air du dormant de fenêtre.

7. Notre étude visait à évaluer la performance d'éléments nouvellement construits. Elle ne portait pas spécifiquement sur l'évaluation de leur durabilité. Il s'agit pourtant là d'un critère primordial qui mérite d'être examiné plus à fond dans le cadre d'études ultérieures.

MORRISON HERSFIELD LIMITED

Mark Lawton, ing. prof.

R.L. Quirouette, B.Arch.

ANNEXE A

Niveau de la construction pour chaque séquence d'essais

ANNEXE A

NIVEAU DE LA CONSTRUCTION POUR CHAQUE SÉQUENCE D'ESSAIS

SOLIVE DE RIVE

	SÉQUENCE 1	SÉQUENCE 2	SÉQUENCE 3	SÉQUENCE 4
Panneau 1 Méthode POLY	Essai après mise en oeuvre du revêtement extérieur	Revêtement extérieur, isolant et polyéthylène	Revêtement extérieur isolant, polyéthylène, plaque de plâtre	Panneau terminé et boiseries posées
Panneau 2 Méthode EASE	Revêtement Extérieur	Revêtement extérieur, isolant, plaque de plâtre et boiseries	S.O.	S.O.
Panneau 3 Méthode ADA	Revêtement Extérieur	Revêtement extérieur, isolant, plaque de plâtre	Revêtement extérieur isolation, plaque de plâtre, boiseries	S.O.
Panneau 4 Méthode Traditionnelle	Revêtement Extérieur	Revêtement extérieur isolant, plaque de plâtre	Revêtement extérieur isolation, polyéthylène, plaques de plâtre, boiseries	S.O.

ANNEXE A
NIVEAU DE LA CONSTRUCTION POUR CHAQUE SÉQUENCE D'ESSAIS

BOÎTES ÉLECTRIQUES

	SÉQUENCE 1	SÉQUENCE 2	SÉQUENCE 3	SÉQUENCE 4
Panneau 5 Méthode Poly	Revêtement extérieur	Revêtement extérieur, isolation, polyéthylène	Plaque de plâtre posées	S.O.
Panneau 6 Méthode EASE	Revêtement extérieur	Mur terminé et plaques murales posées	S.O.	S.O.
Panneau 7 Méthode ADA	Revêtement extérieur	Revêtement extérieur, isolant et plaque de plâtre	Isolant, plaque de plâtre boiseries, plaques murales et garnitures	Plaques murales recouvertes de polyéthylène
Panneau 8 Méthode Traditionnelle	Revêtement extérieur	Revêtement extérieur, polyéthylène et plaque de plâtre	Plaque murales et boiseries posées	S.O.

ANNEXE A
NIVEAU DE LA CONSTRUCTION POUR CHAQUE SÉQUENCE D'ESSAIS

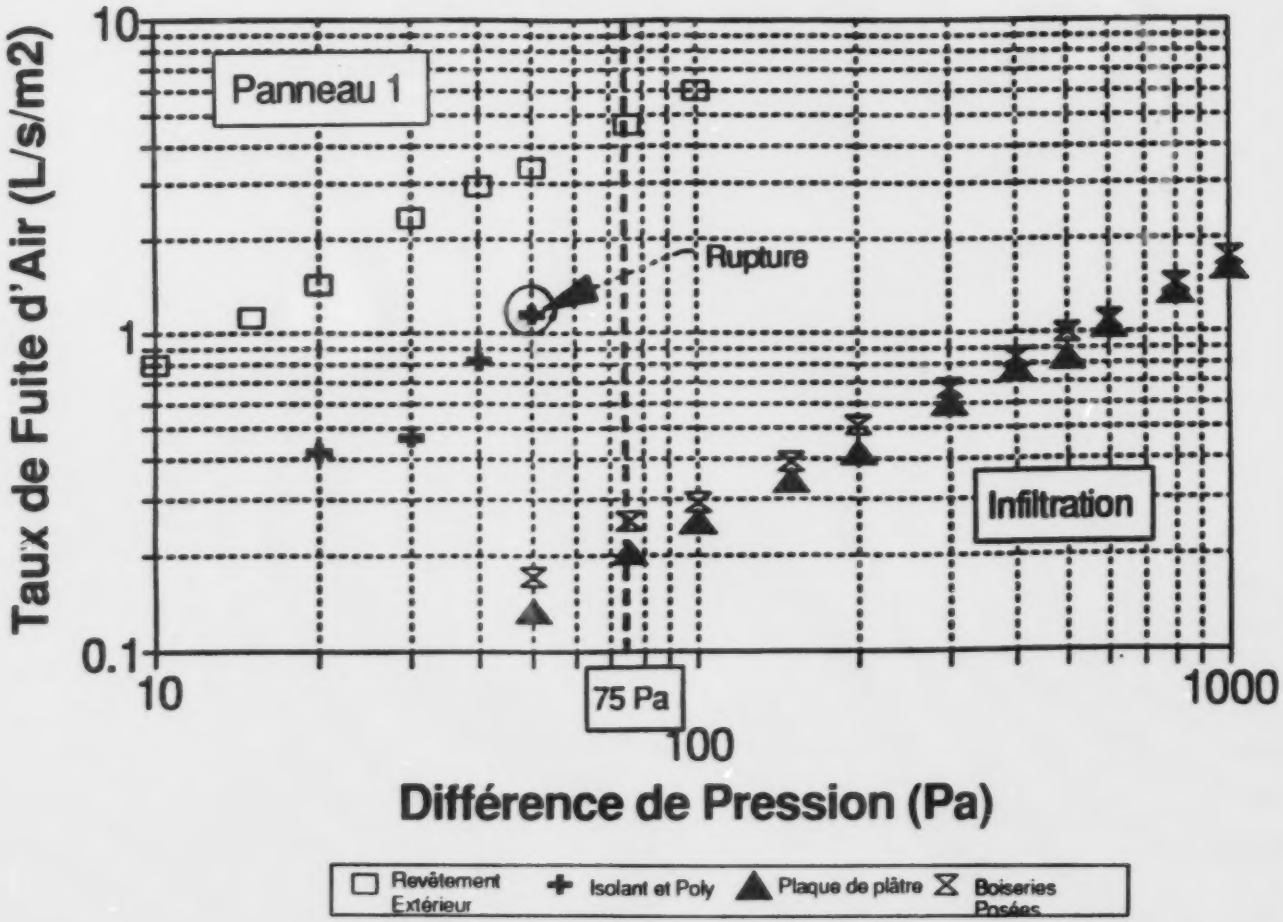
ASSEMBLAGE DE FENÊTRE

	SÉQUENCE 1	SÉQUENCE 2	SÉQUENCE 3	SÉQUENCE 4
Panneau 9 **Méthode Poly**	Revêtement extérieur, isolant, polyéthylène	Plaque de plâtre boiseries posées	Fenêtre recouverte de polyéthylène	S.O.
Panneau 10 **Méthode EASE**	Revêtement extérieur, mousse d'uréthane injectée dans l'interstice de calage	Mur terminé	S.O.	S.O.
Panneau 11 **Méthode ADA**	Revêtement extérieur, isolant et plaque de plâtre	Ruban recouvrant l'interstice de calage, boiseries posées	S.O.	S.O.
Panneau 12 **Méthode Traditionnelle**	Revêtement extérieur, isolant, polyéthylène, plaque de plâtre	Mur terminé boiseries posées	S.O.	S.O.

ANNEXE B

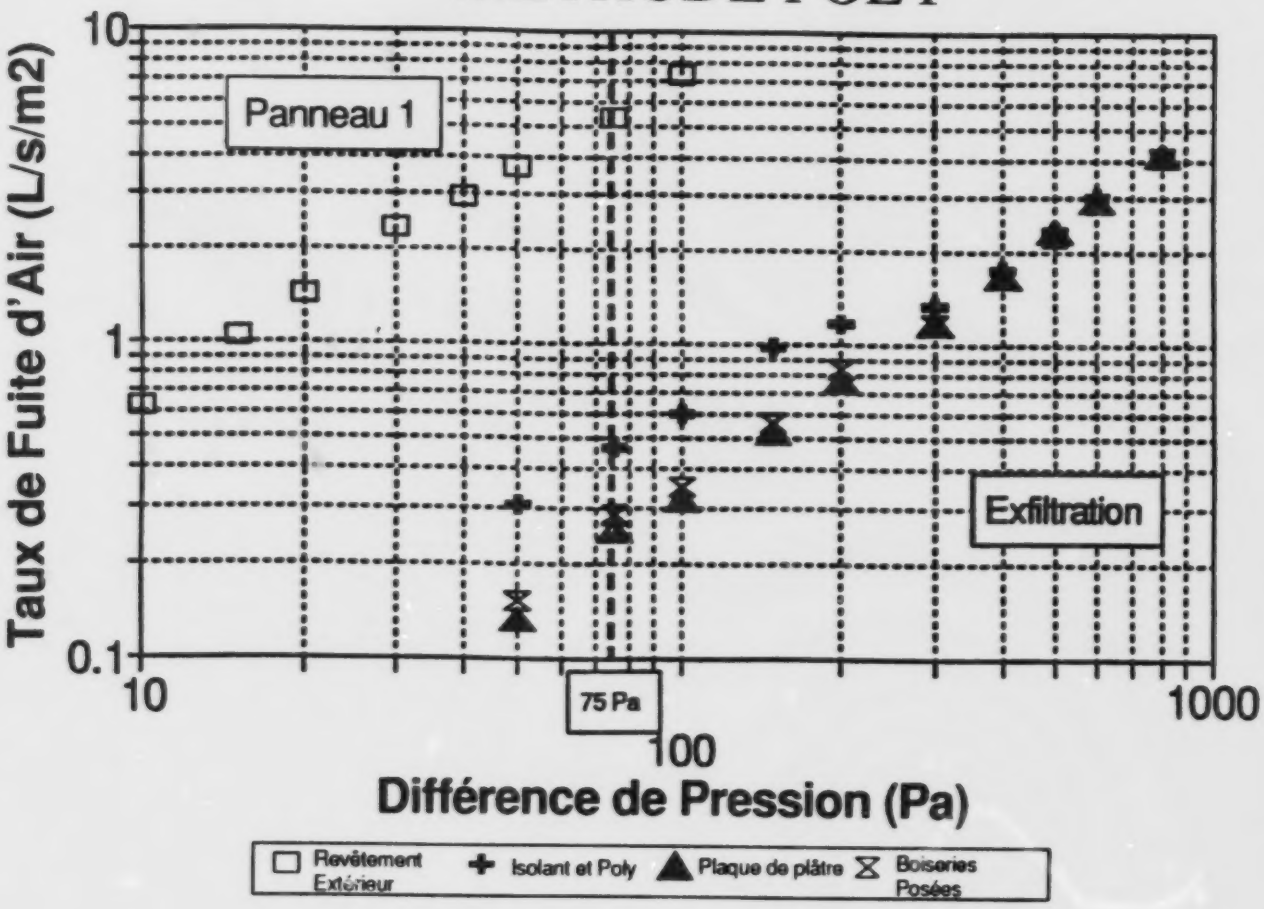
Résultats des essais sous forme graphique

SOLIVE DE RIVE
MÉTHODE POLY



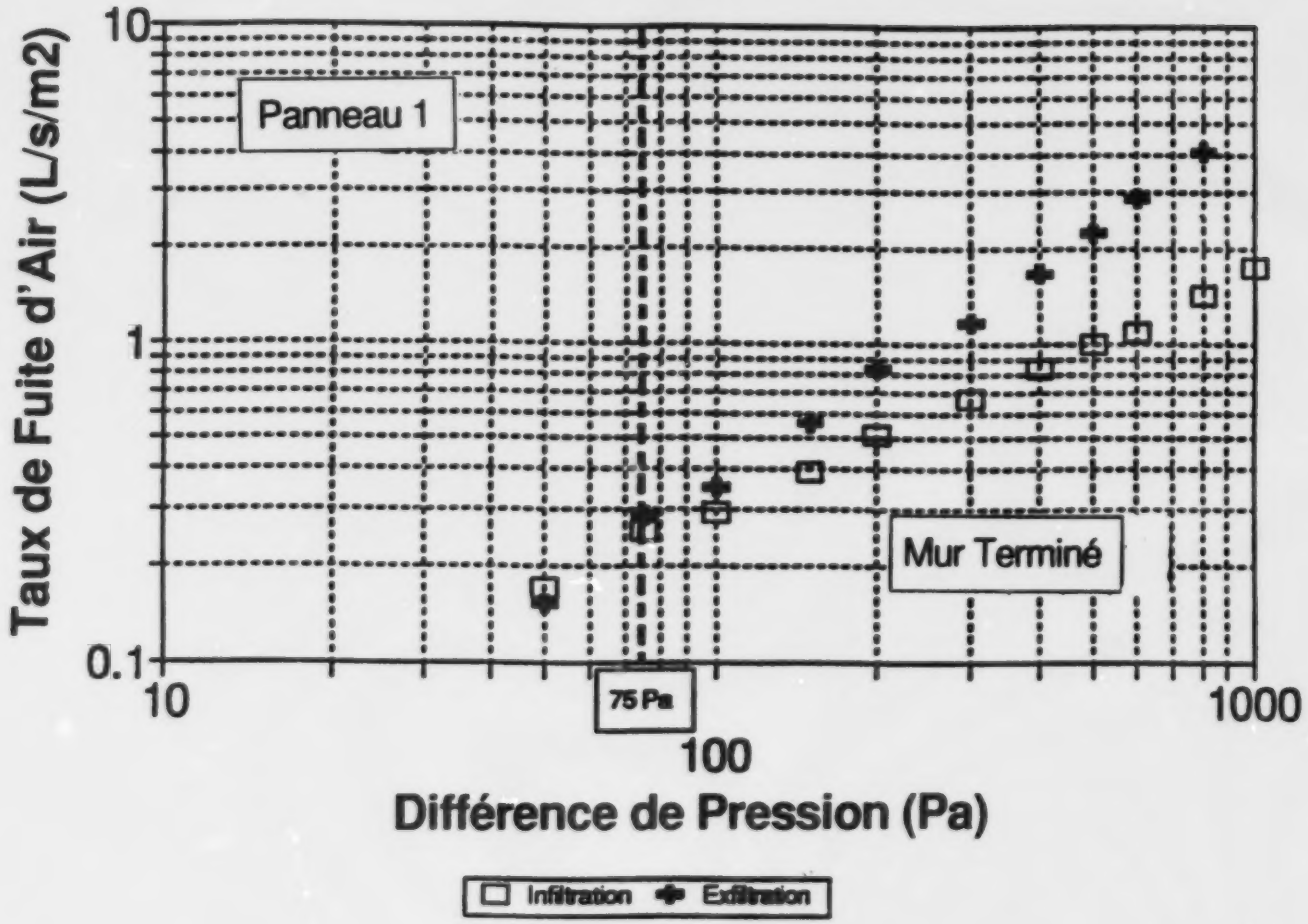
Graphique 1

SOLIVE DE RIVE
MÉTHODE POLY



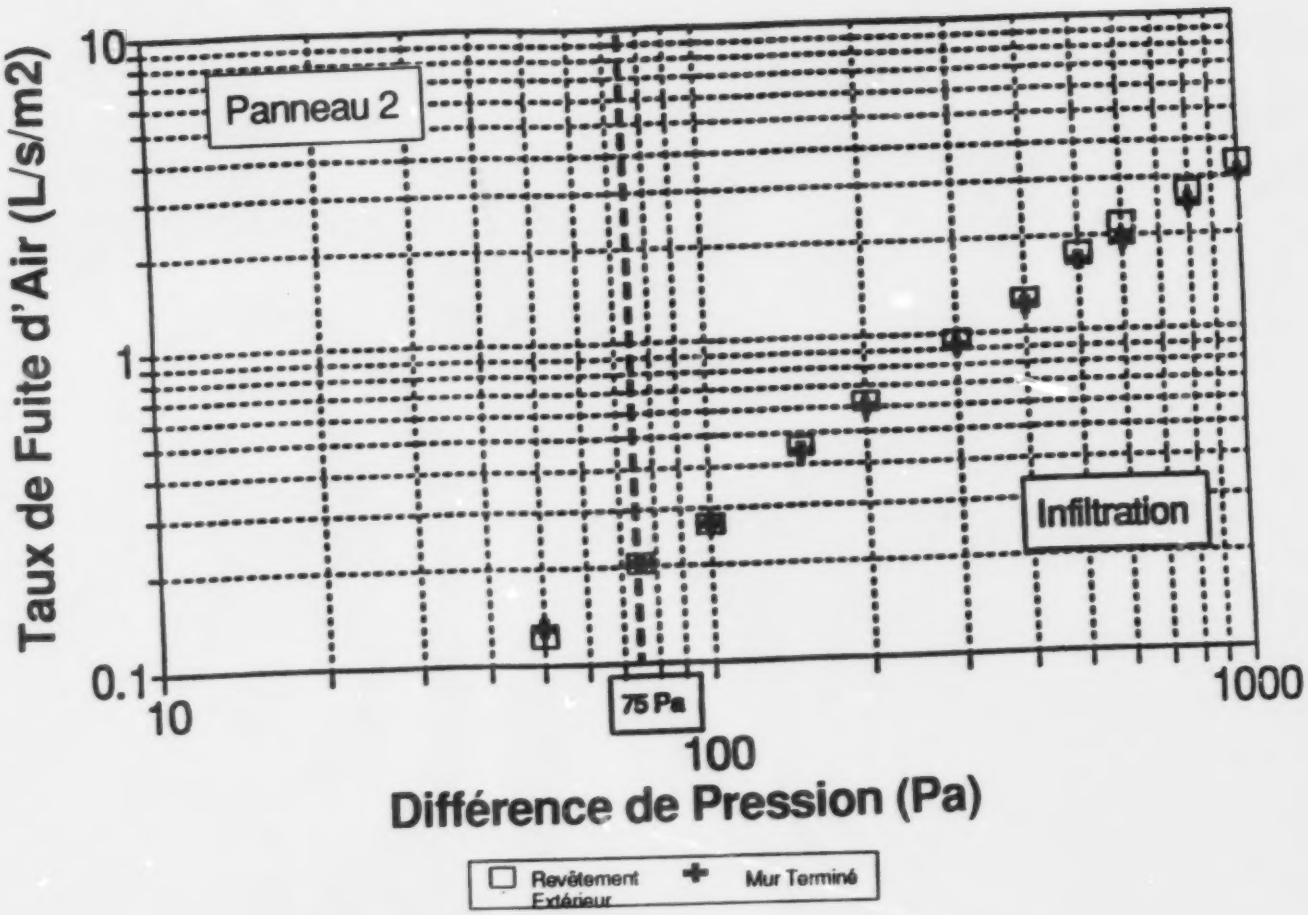
Graphique 2

SOLIVE DE RIVE
MÉTHODE POLY



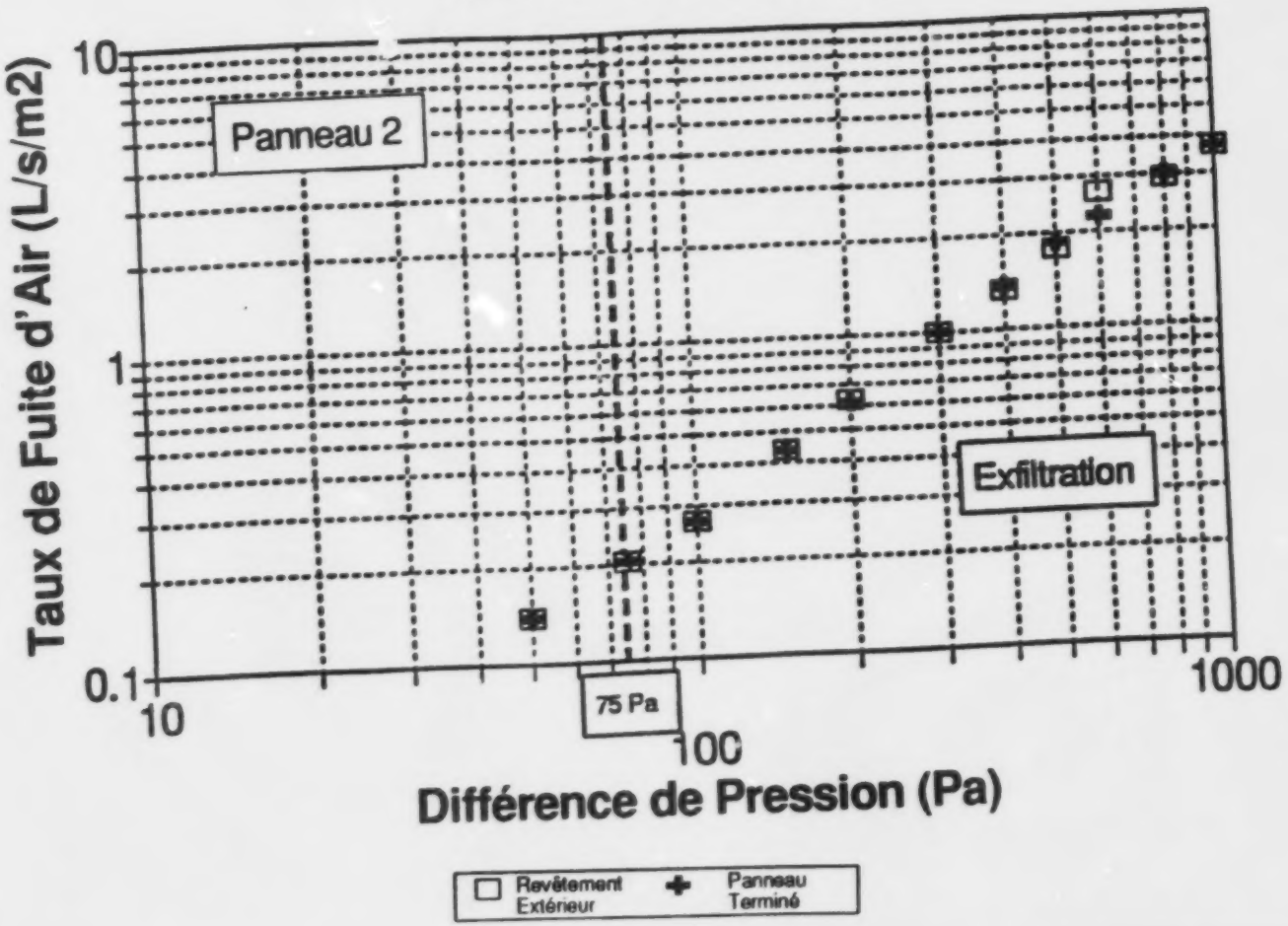
Graphique 3

SOLIVE DE RIVE
MÉTHODE EASE



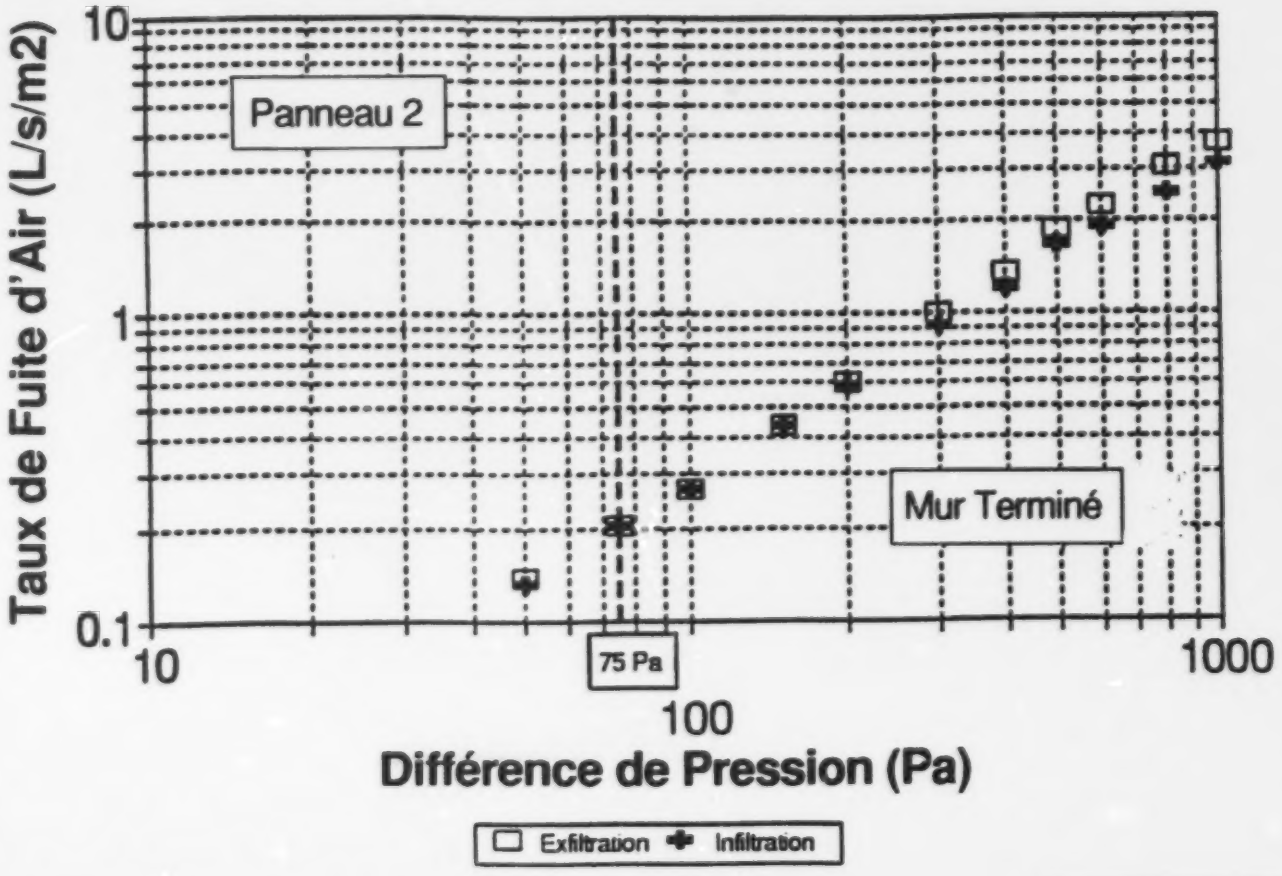
Graphique 4

SOLIVE DE RIVE
MÉTHODE EASE



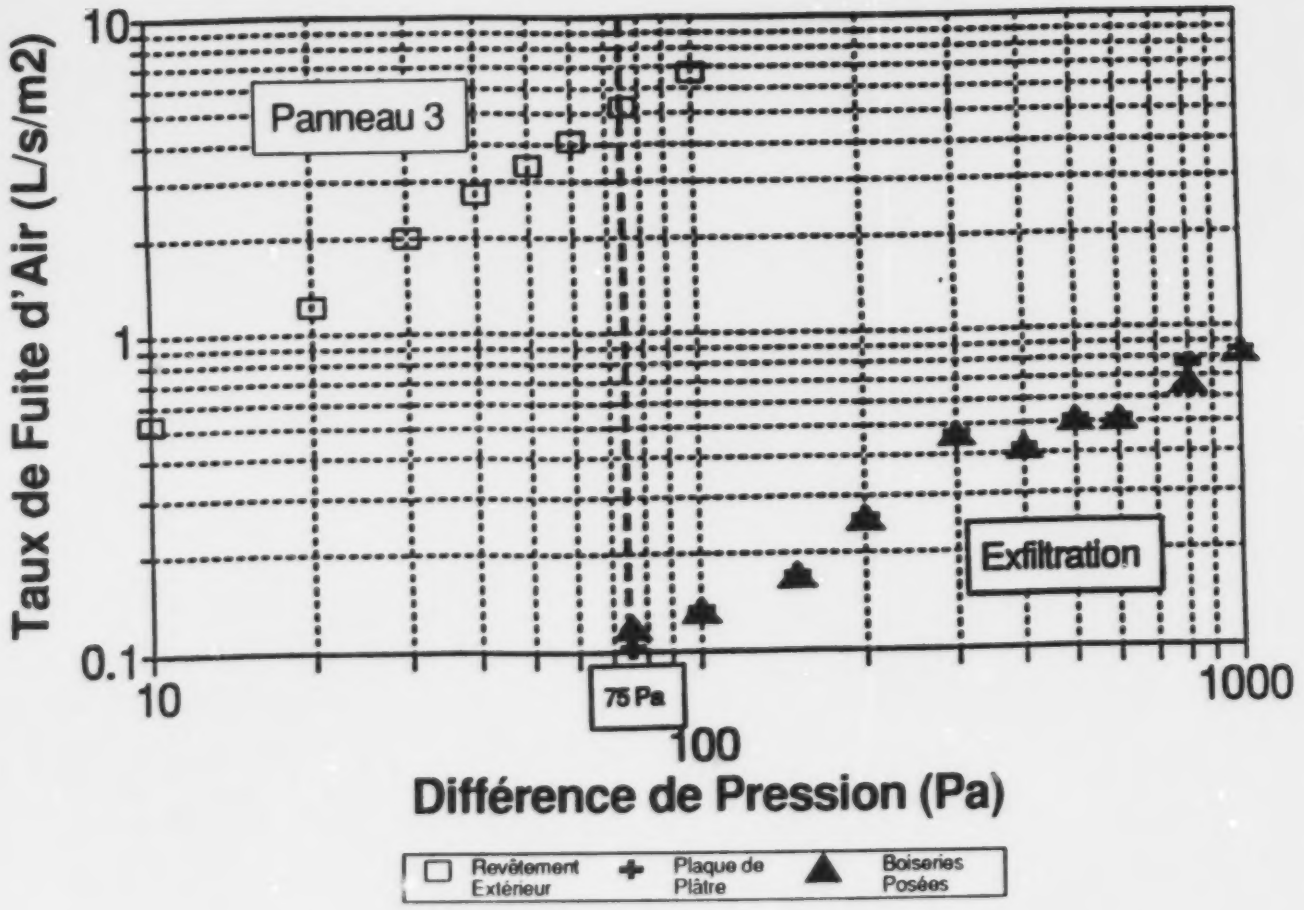
Graphique 5

SOLIVE DE RIVE
MÉTHODE EASE



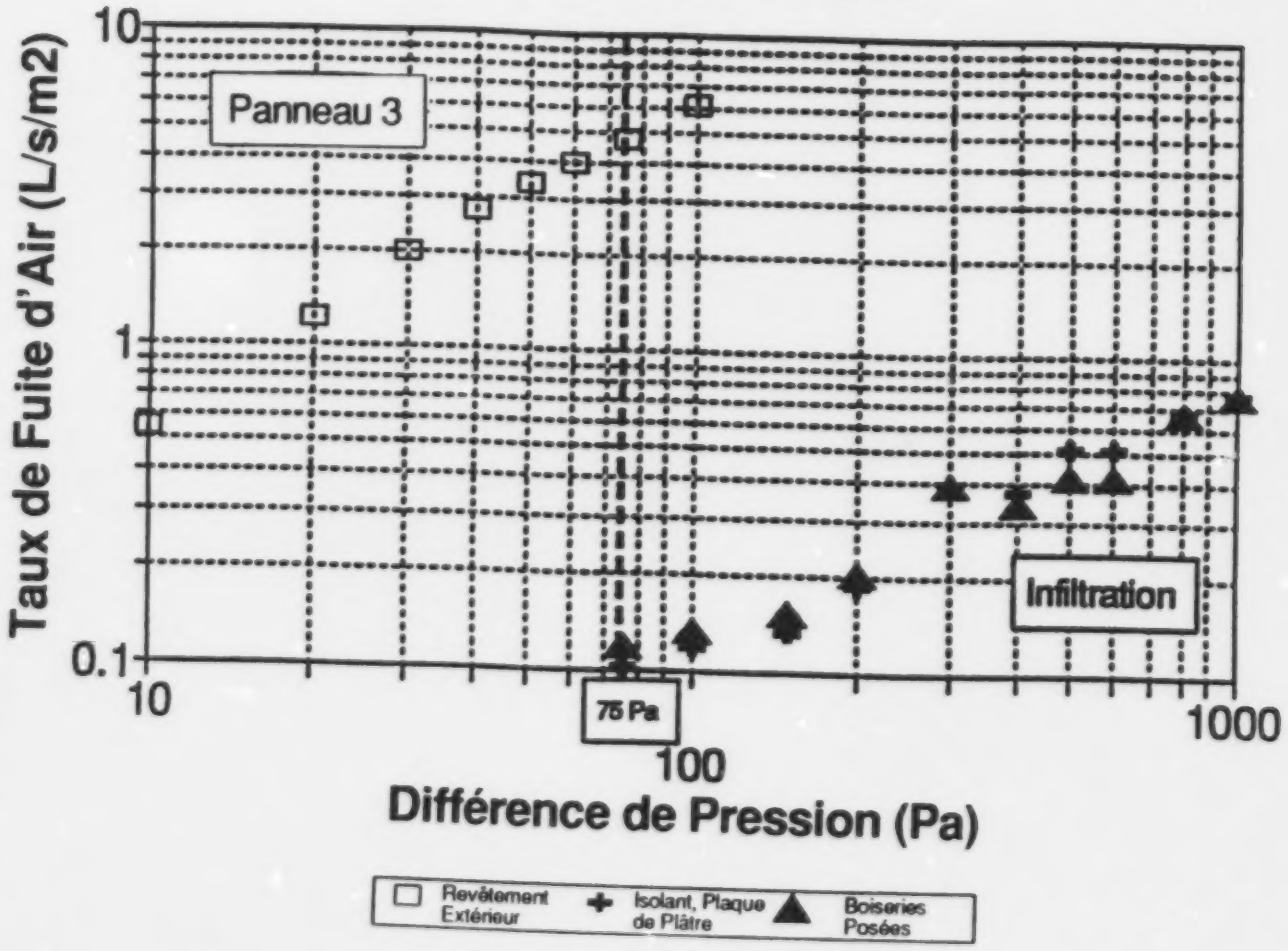
Graphique 6

SOLIVE DE RIVE
MÉTHODE ADA



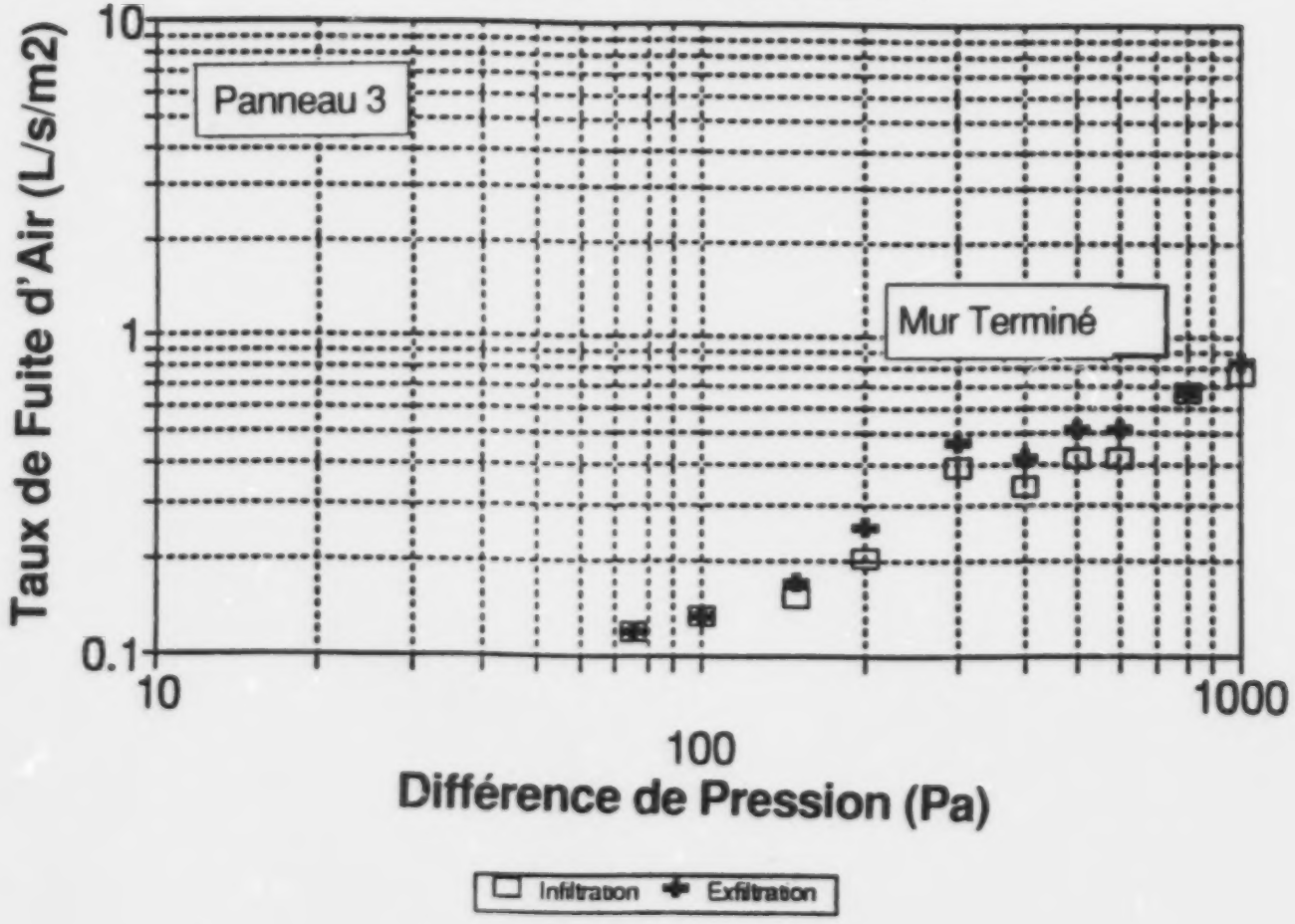
Graphique 7

SOLIVE DE RIVE
MÉTHODE ADA



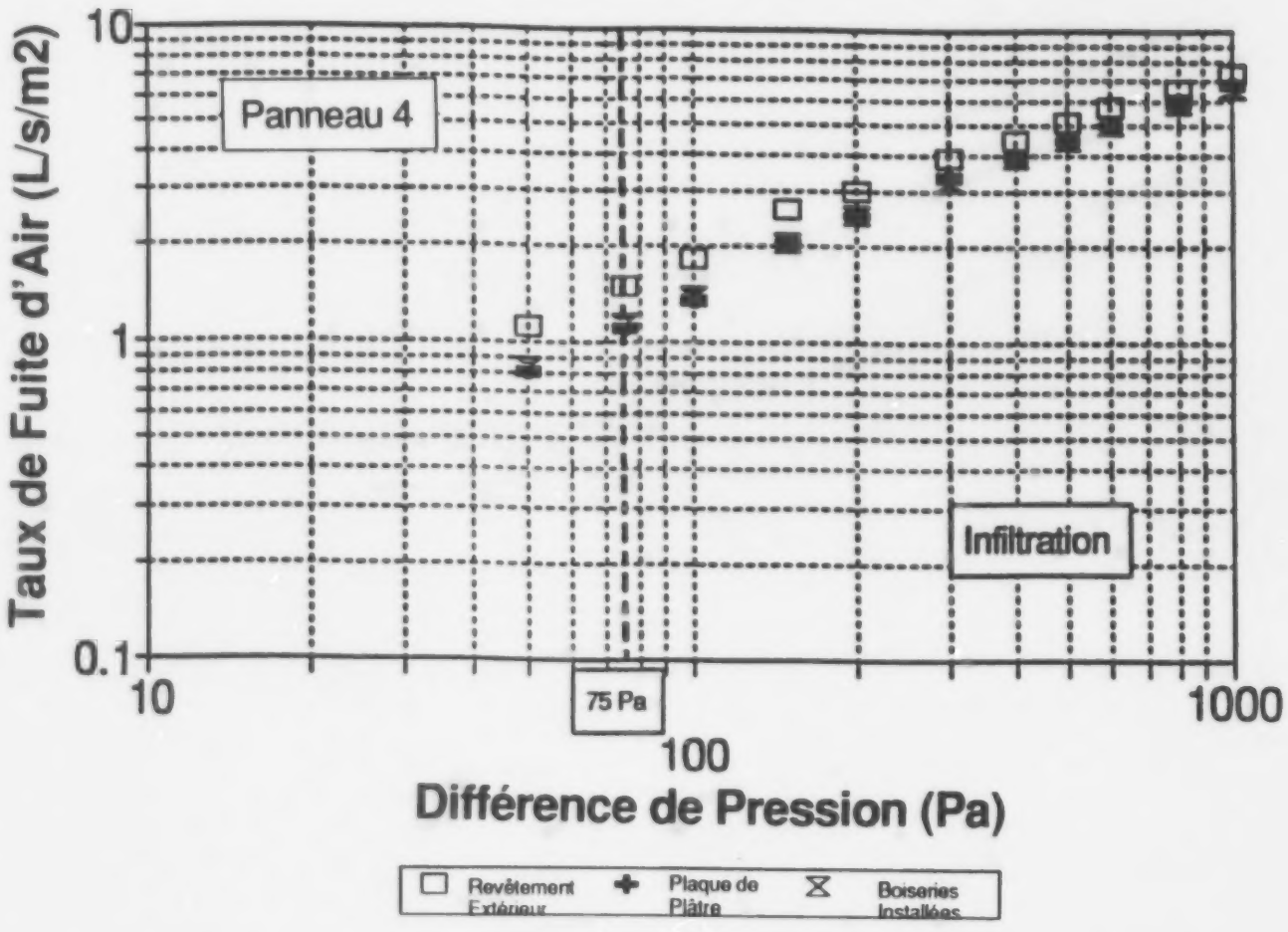
Graphique 8

SOLIVE DE RIVE
MÉTHODE ADA



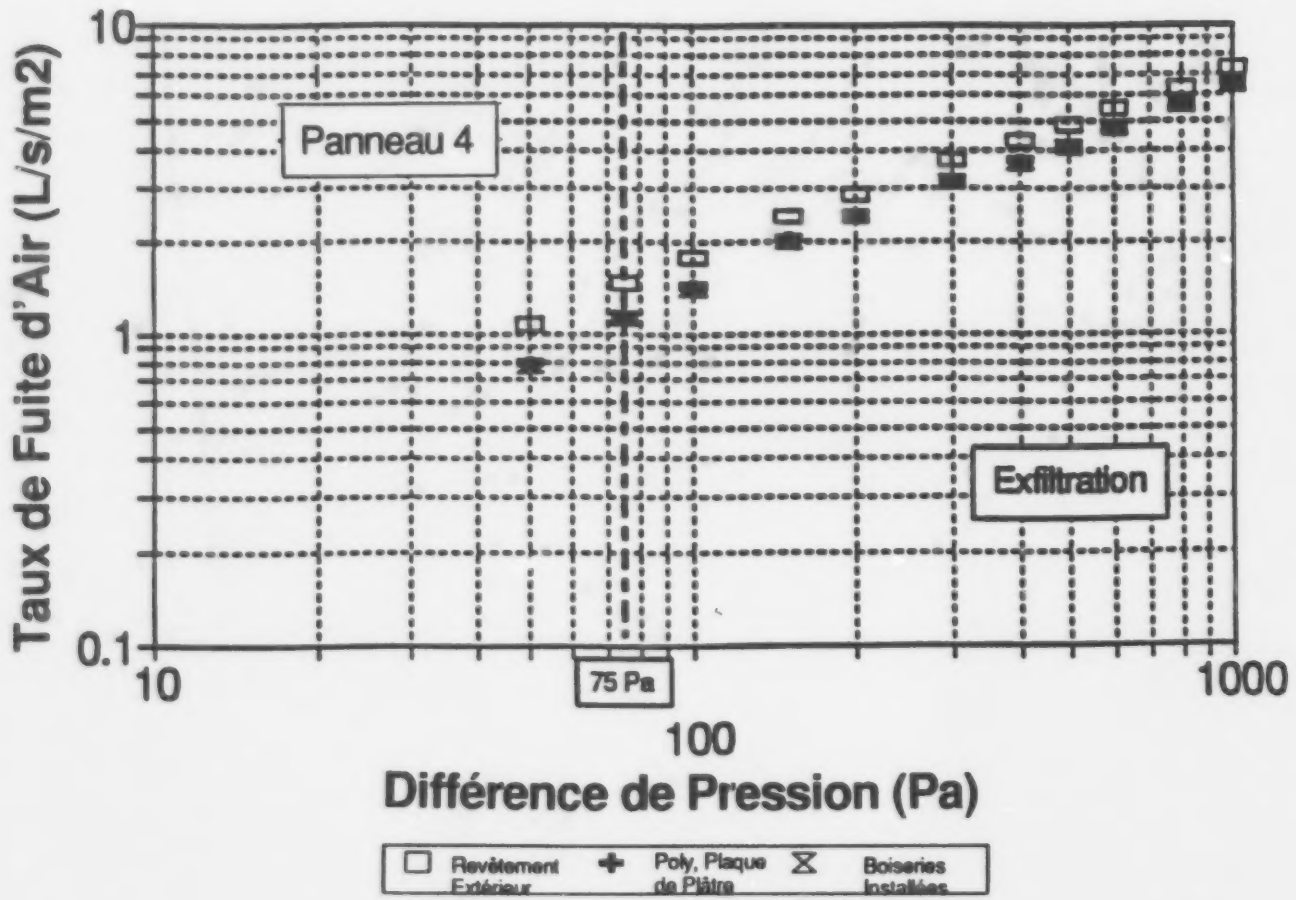
Graphique 9

SOLIVE DE RIVE
MÉTHODE TRADITIONNELLE



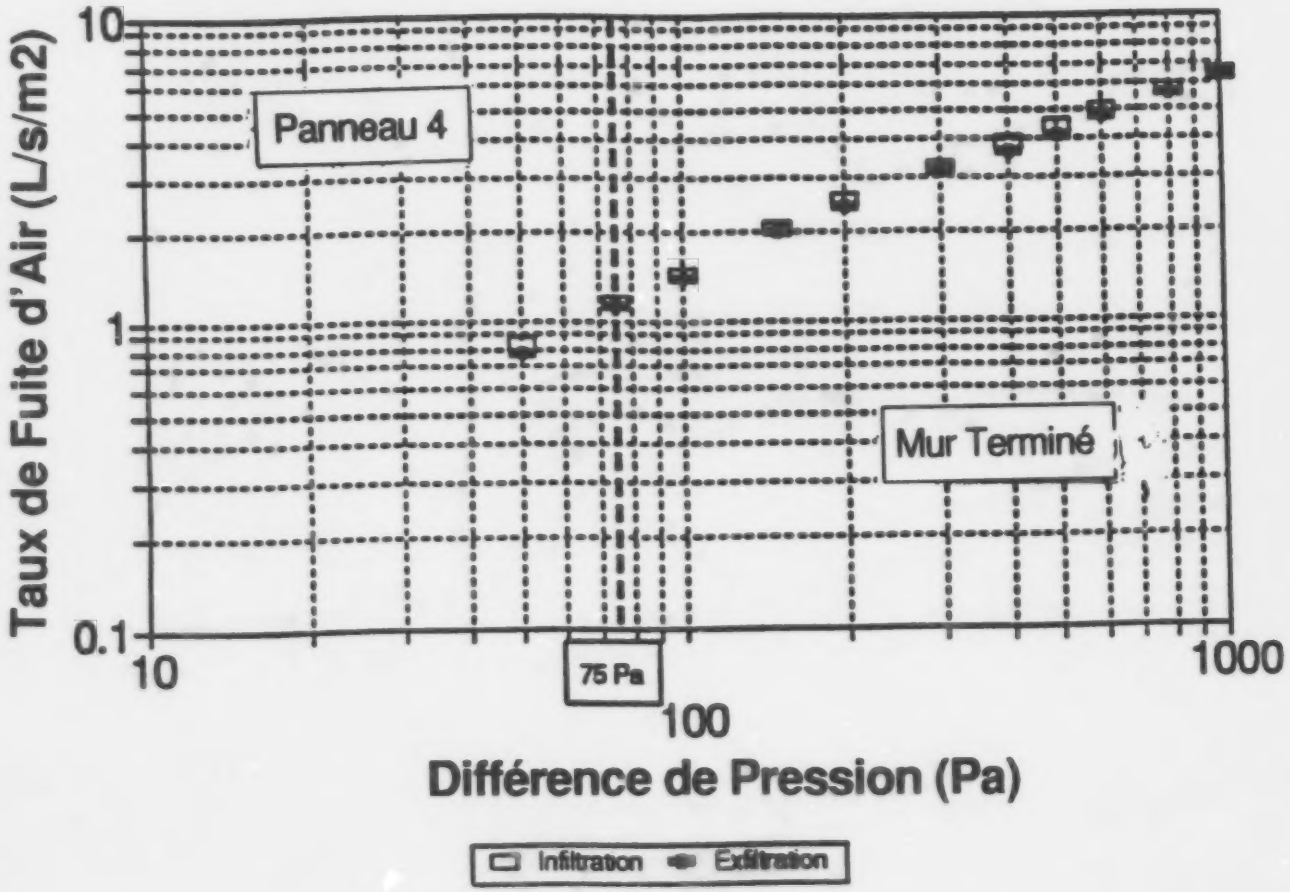
Graphique 10

SOLIVE DE RIVE
MÉTHODE TRADITIONNELLE



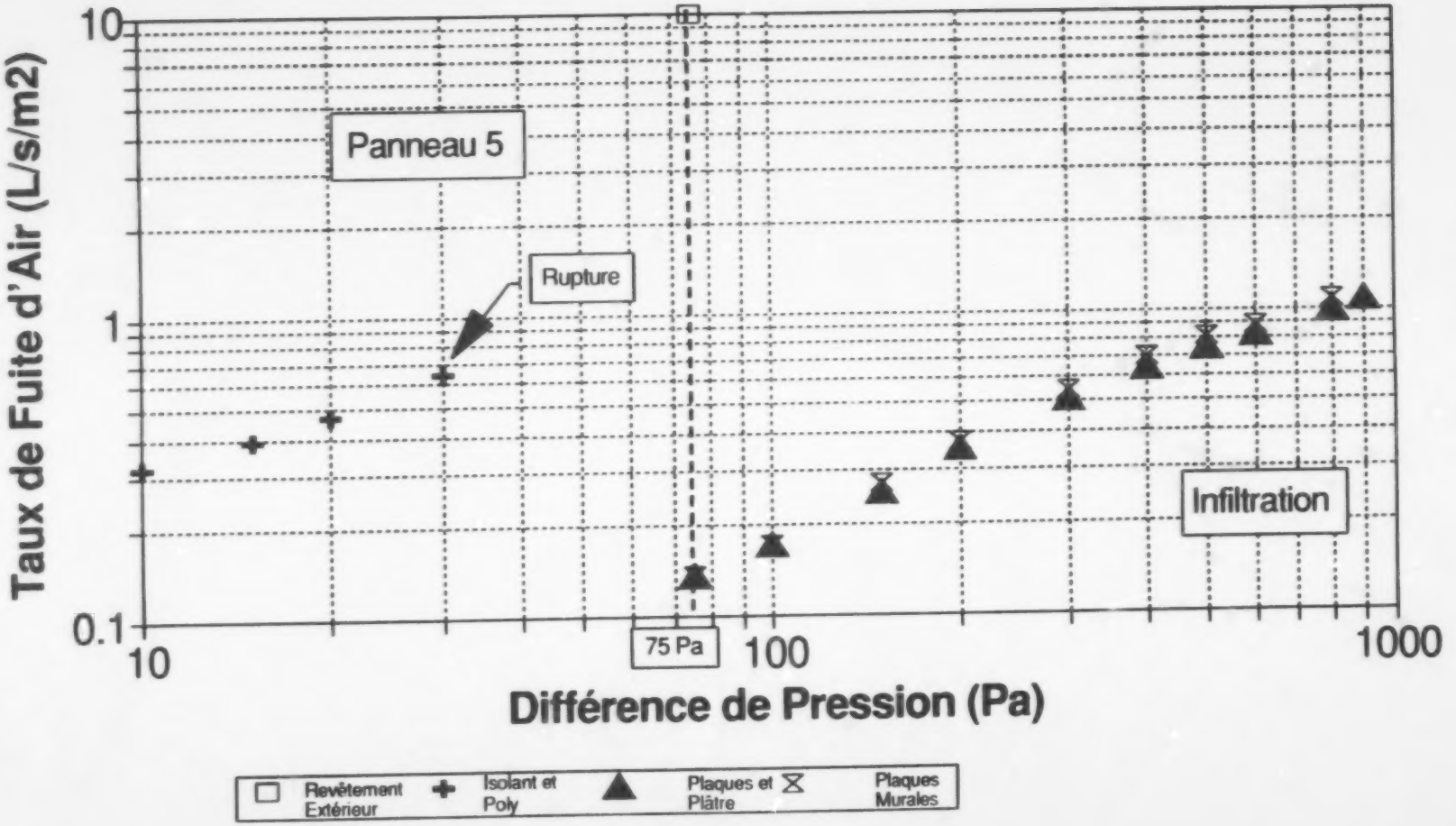
Graphique 11

SOLIVE DE RIVE
MÉTHODE TRADITIONNELLE



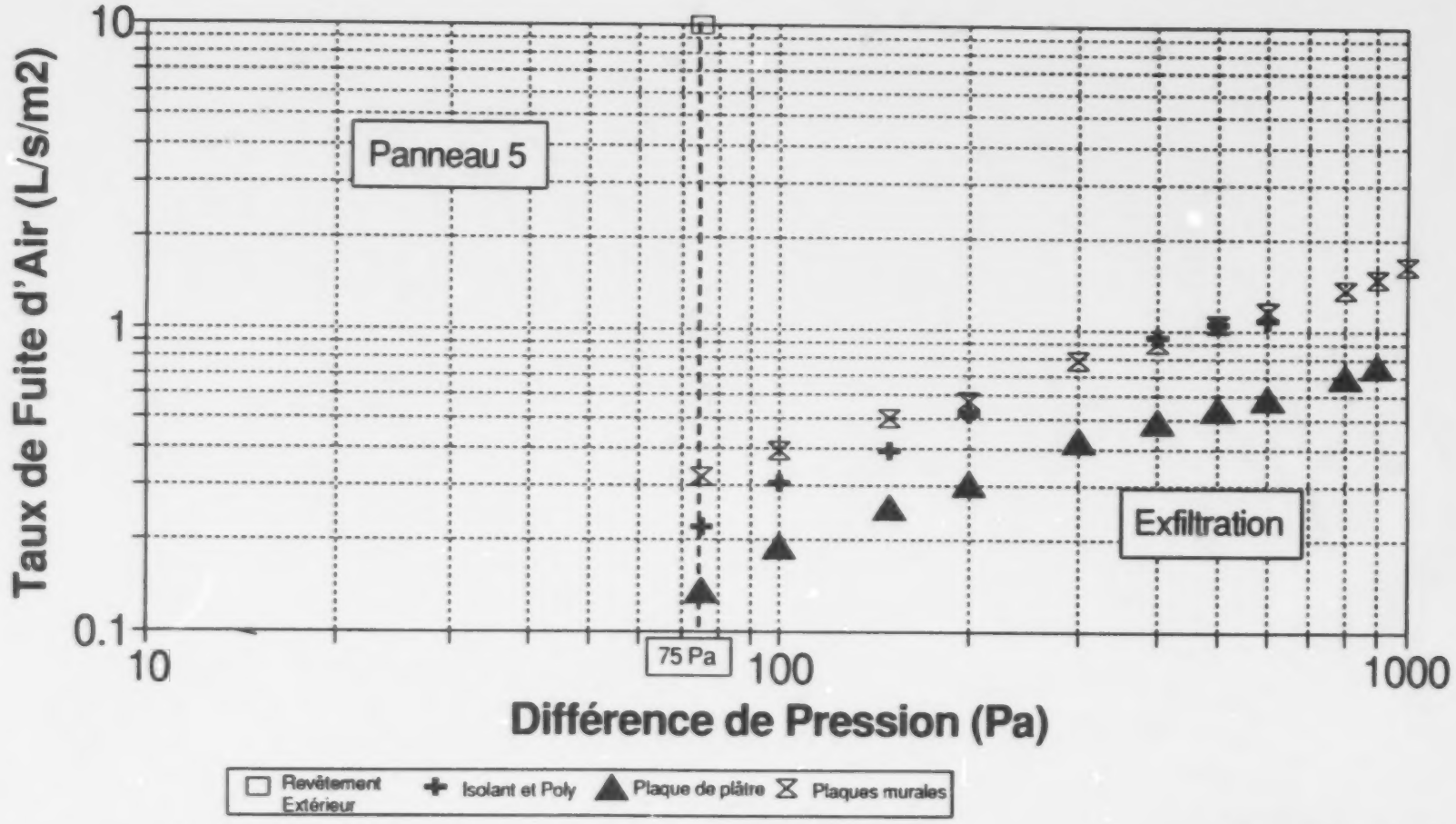
Graphique 12

BOITES ÉLECTRIQUES
MÉTHODE POLY



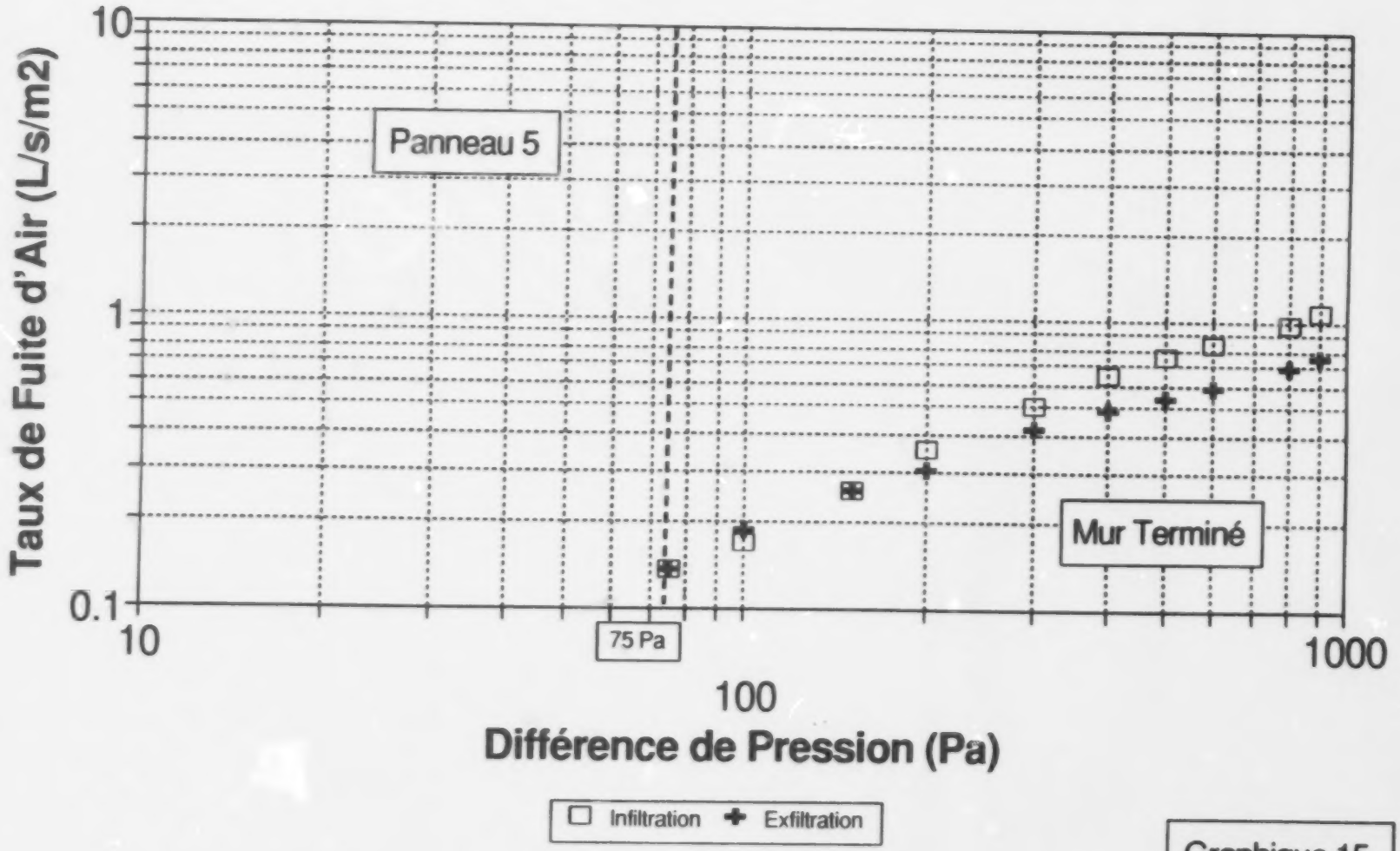
Graphique 13

BOITES ÉLECTRIQUES
MÉTHODE POLY



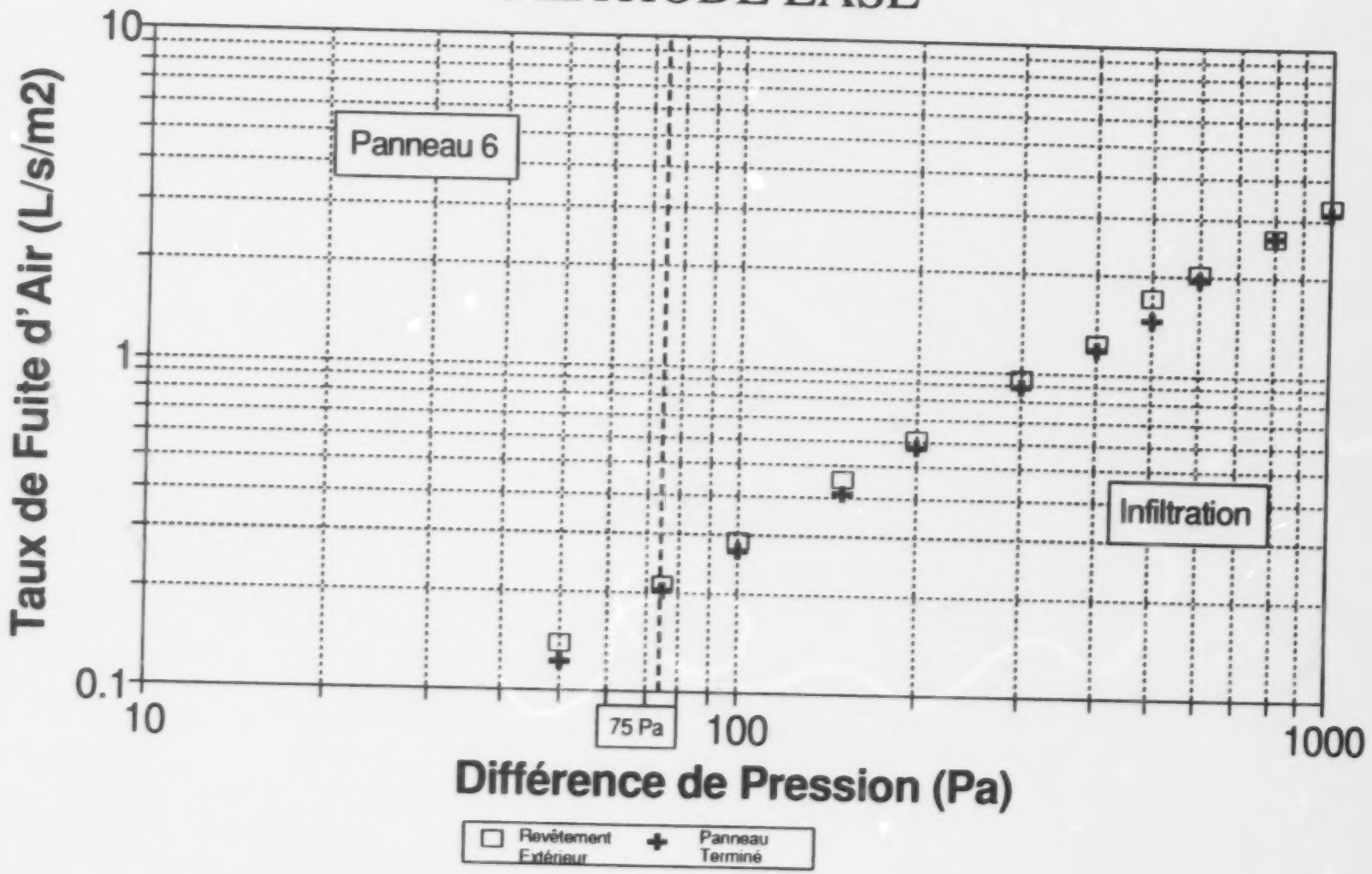
Graphique 14

BOITES ÉLECTRIQUES
MÉTHODE POLY



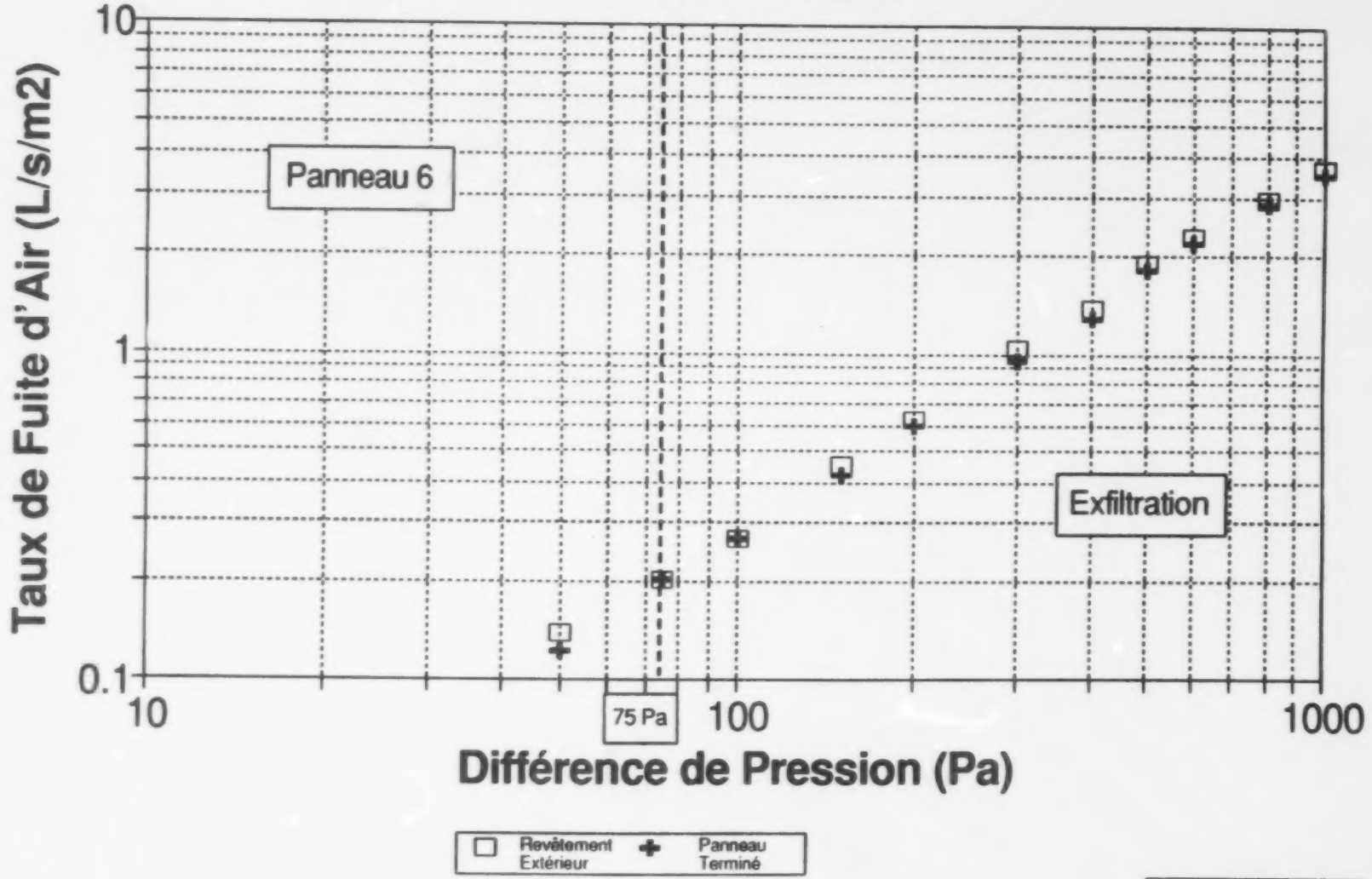
Graphique 15

BOITES ÉLECTRIQUES
MÉTHODE EASE



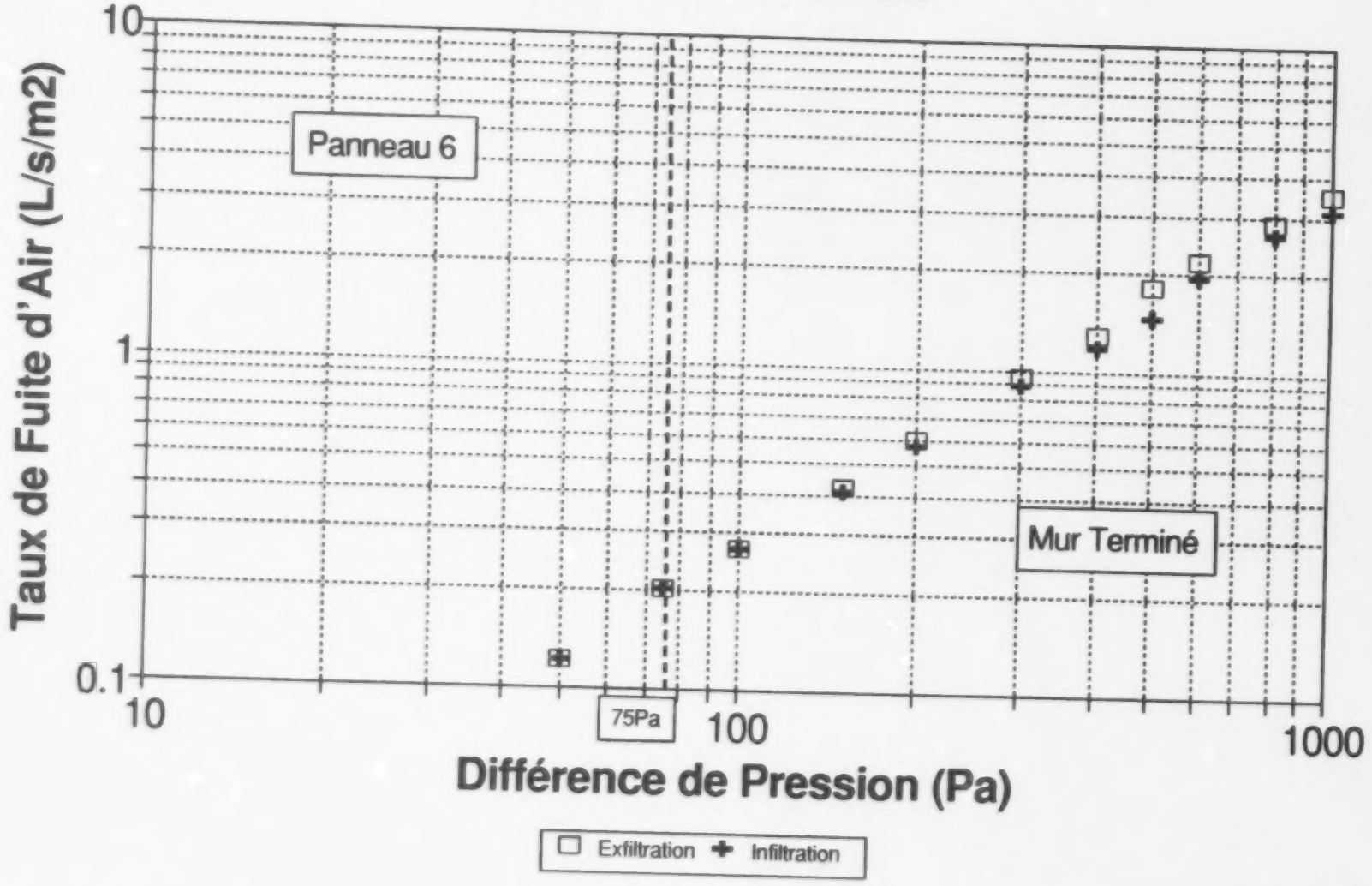
Graphique 16

BOITES ÉLECTRIQUES
MÉTHODE EASE



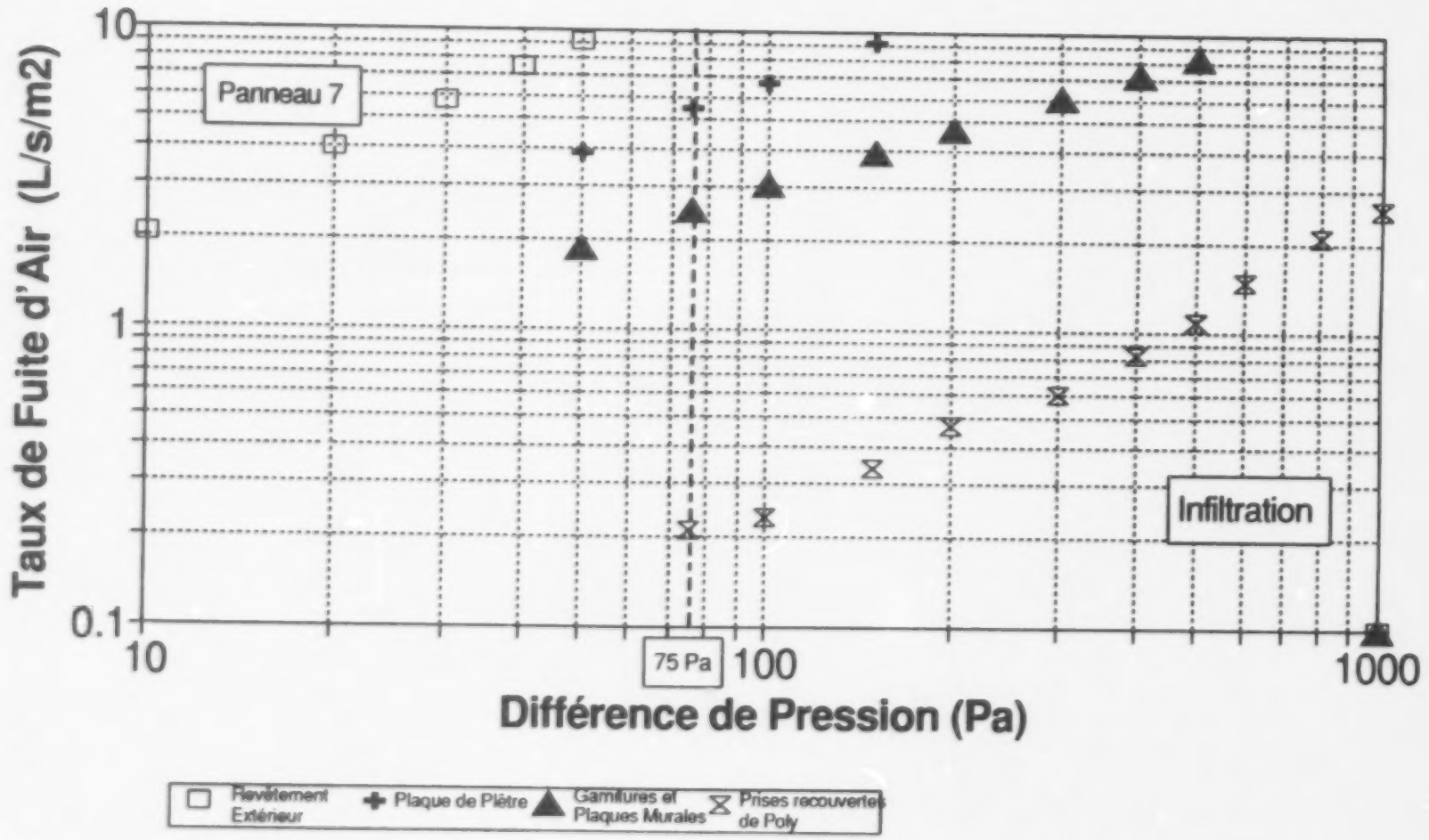
Graphique 17

BOITES ÉLECTRIQUES
MÉTHODE EASE



Graphique 18

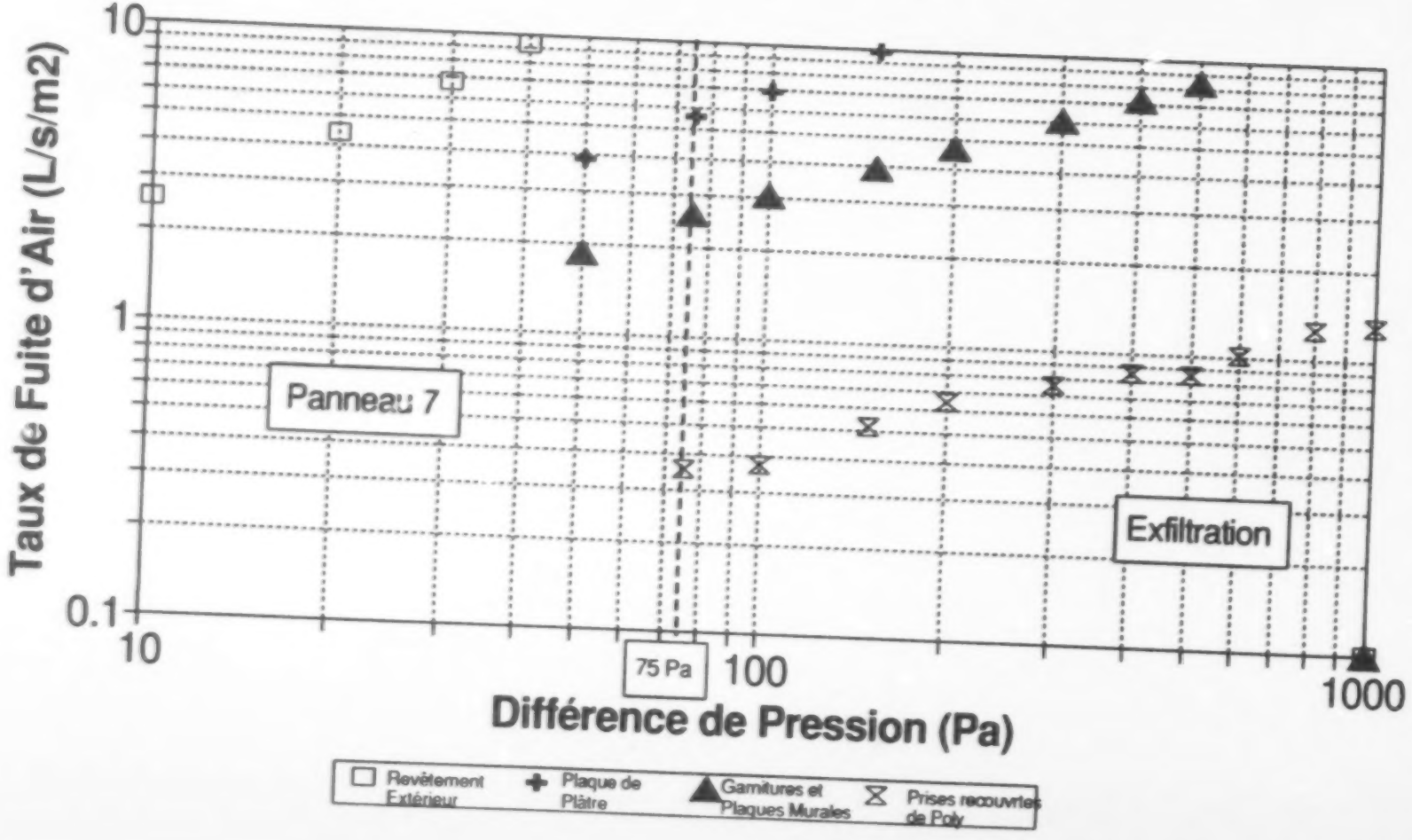
BOITES ÉLECTRIQUES
MÉTHODE ADA



* Prises recouvertes de polyéthylène

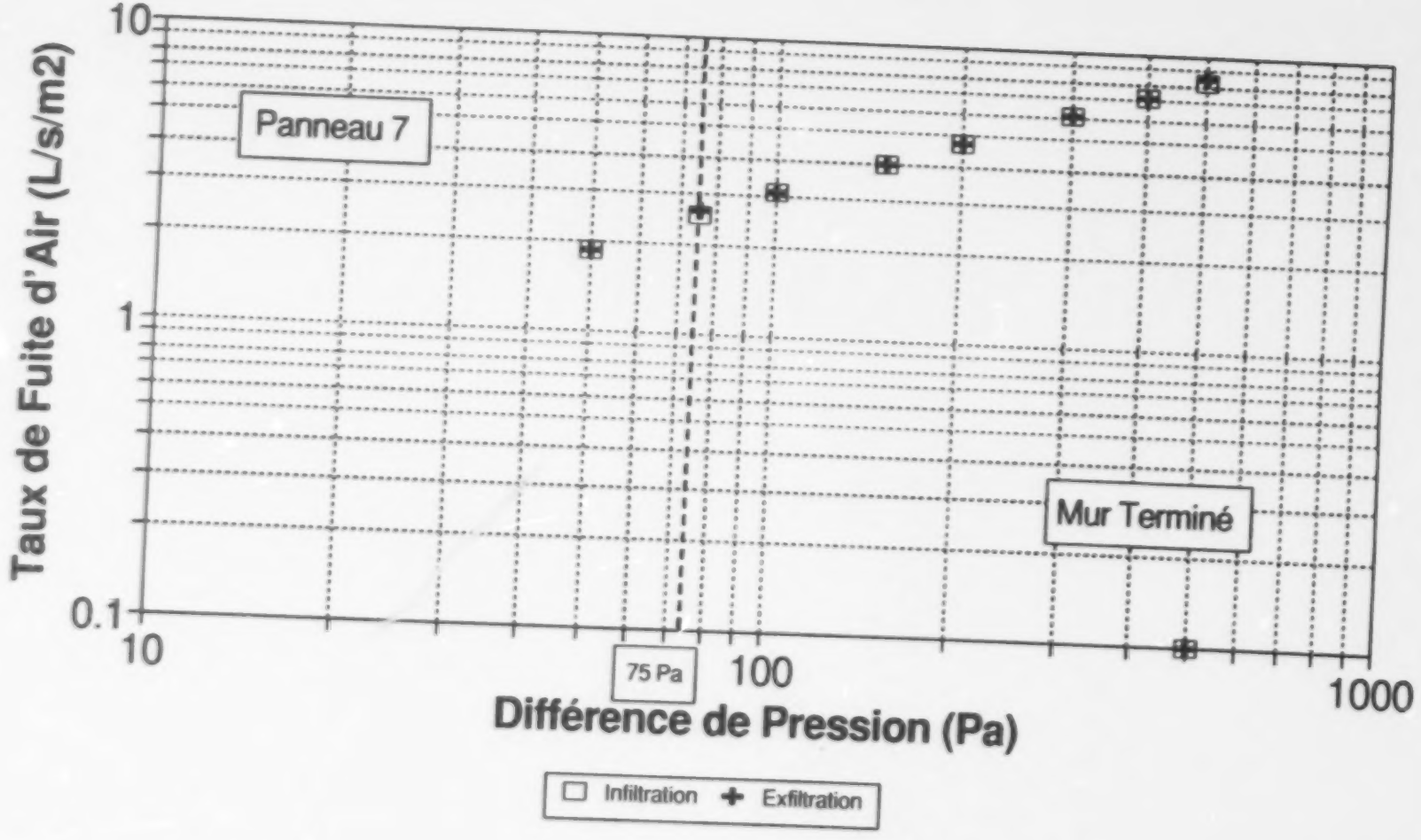
Graphique 19

BOITES ÉLECTRIQUES
MÉTHODE ADA



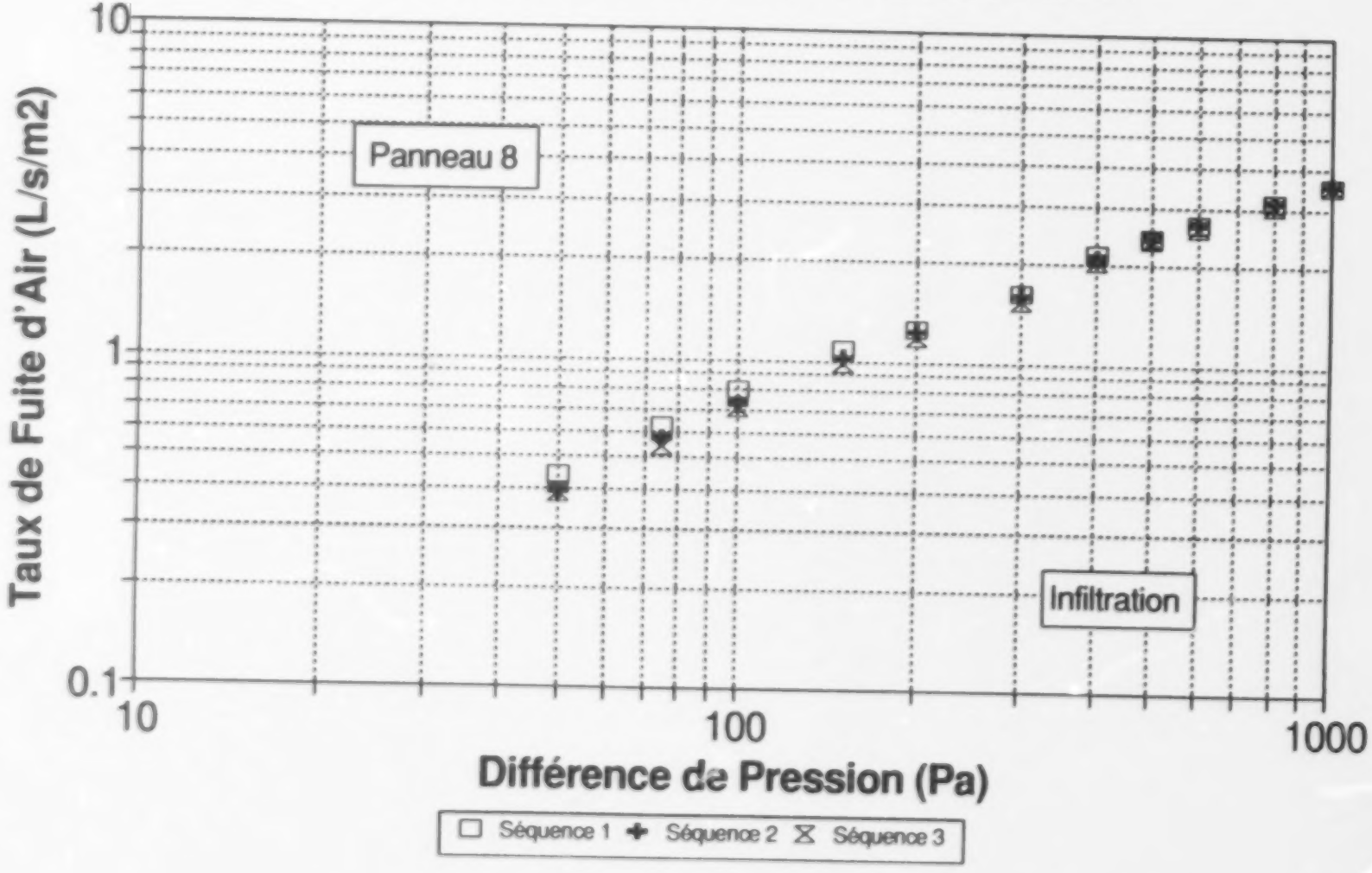
Graphique 20

BOITES ÉLECTRIQUES
MÉTHODE ADA



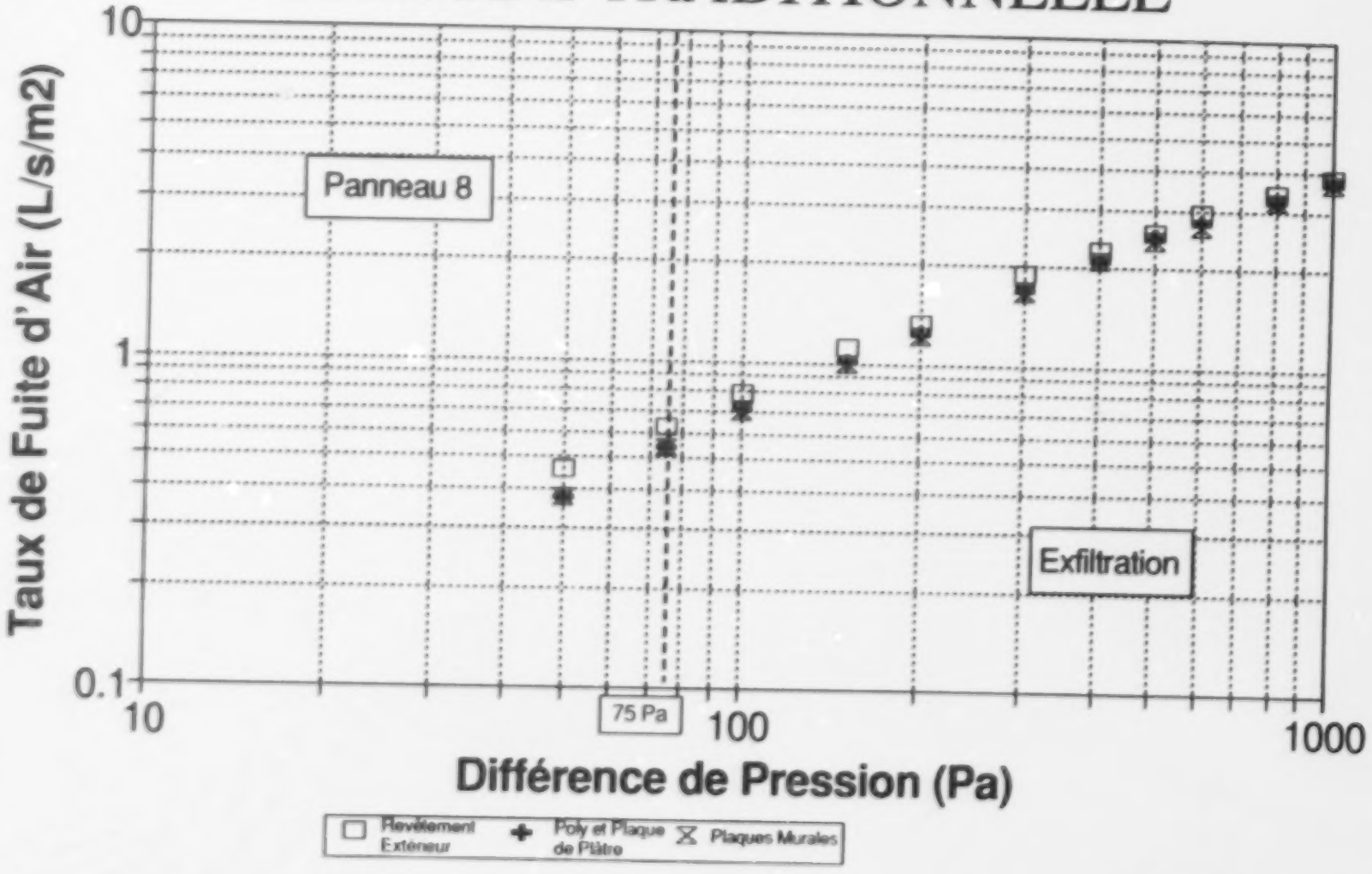
Graphique 21

BOITES ÉLECTRIQUES
MÉTHODE TRADITIONNELLE



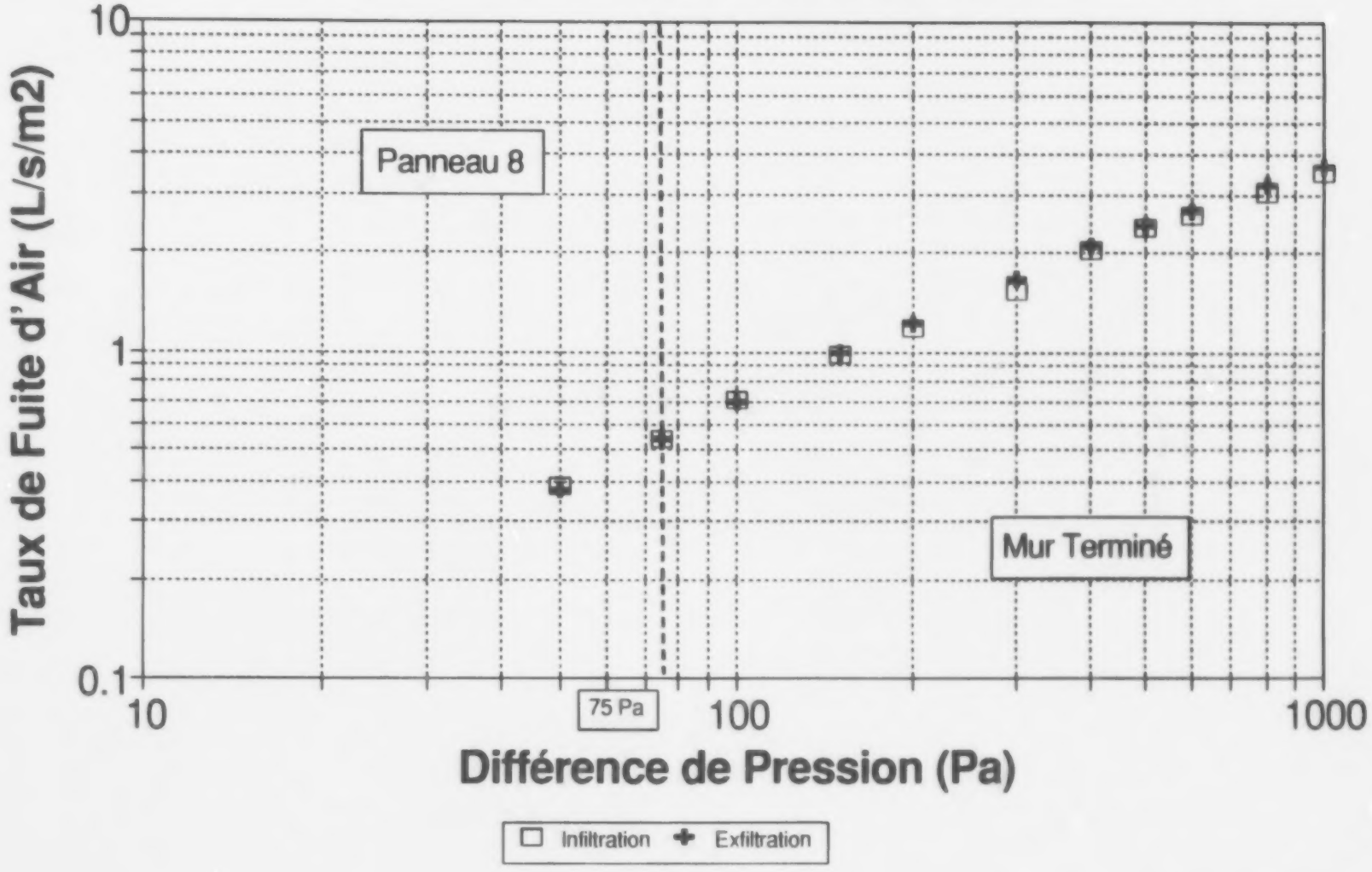
Graphique 22

BOITES ÉLECTRIQUES
MÉTHODE TRADITIONNELLE



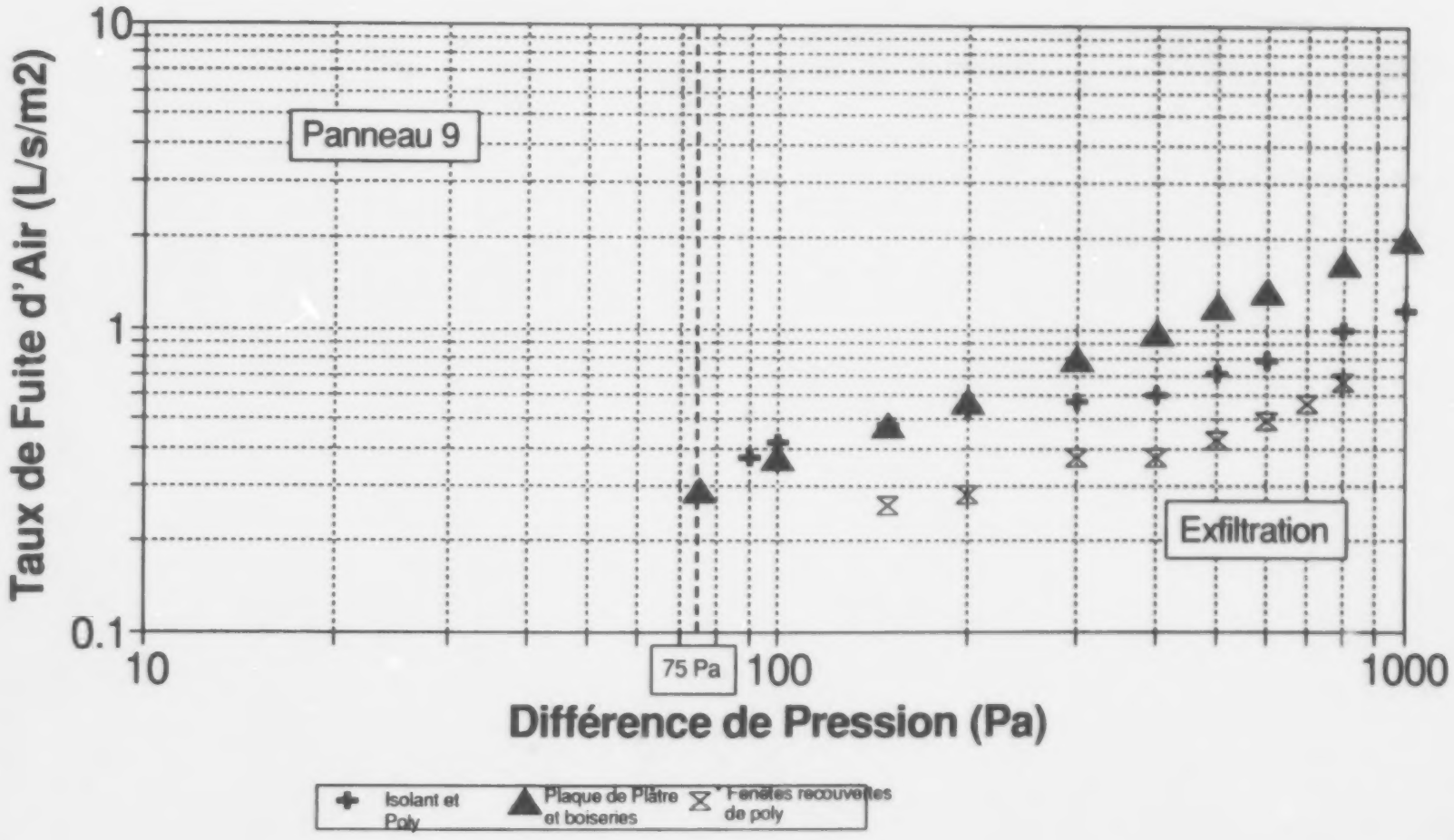
Graphique 23

BOITES ÉLECTRIQUES
MÉTHODE TRADITIONNELLE



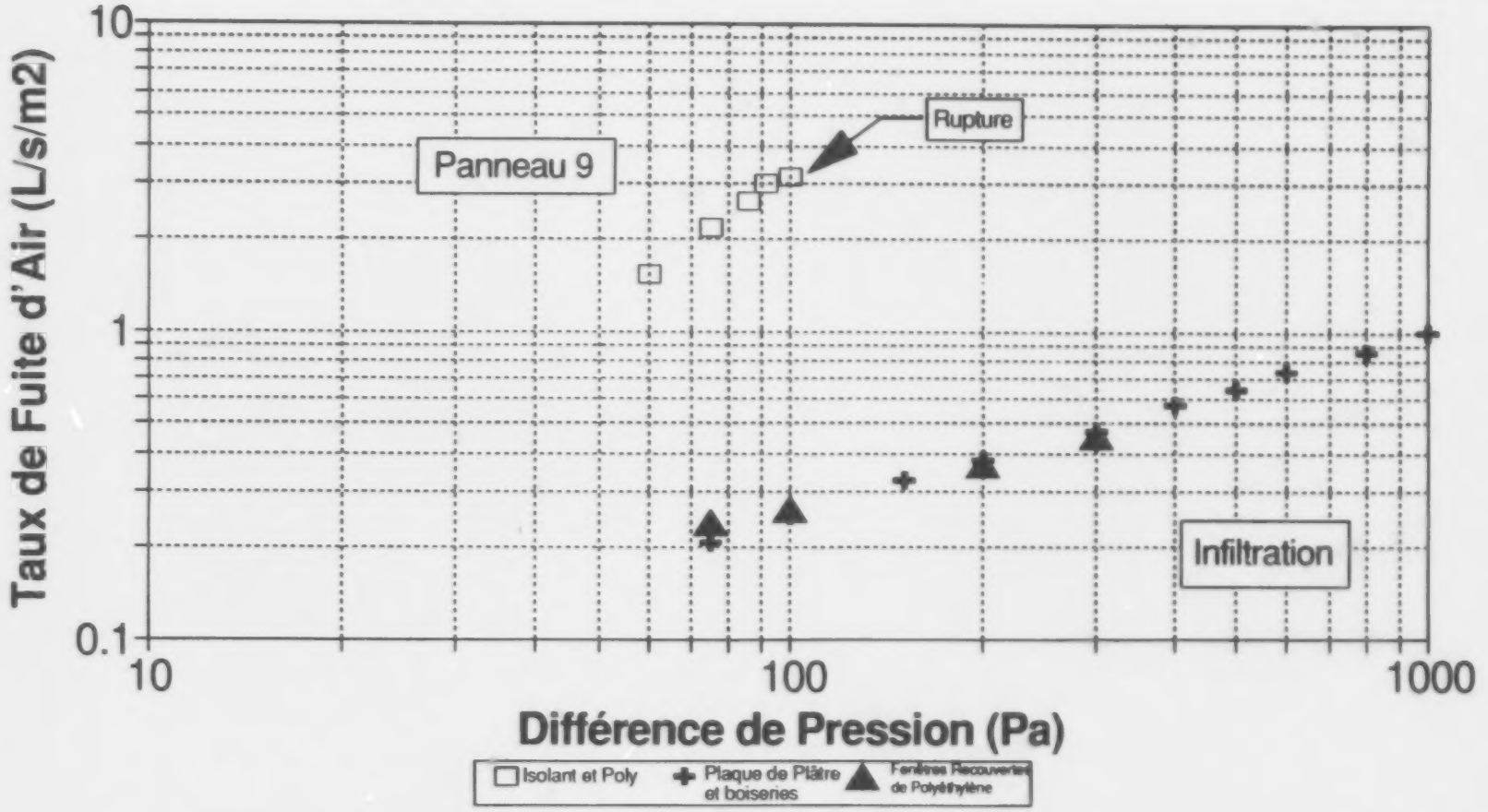
Graphique 24

ASSEMBLAGE DE FENETRE
MÉTHODE POLY



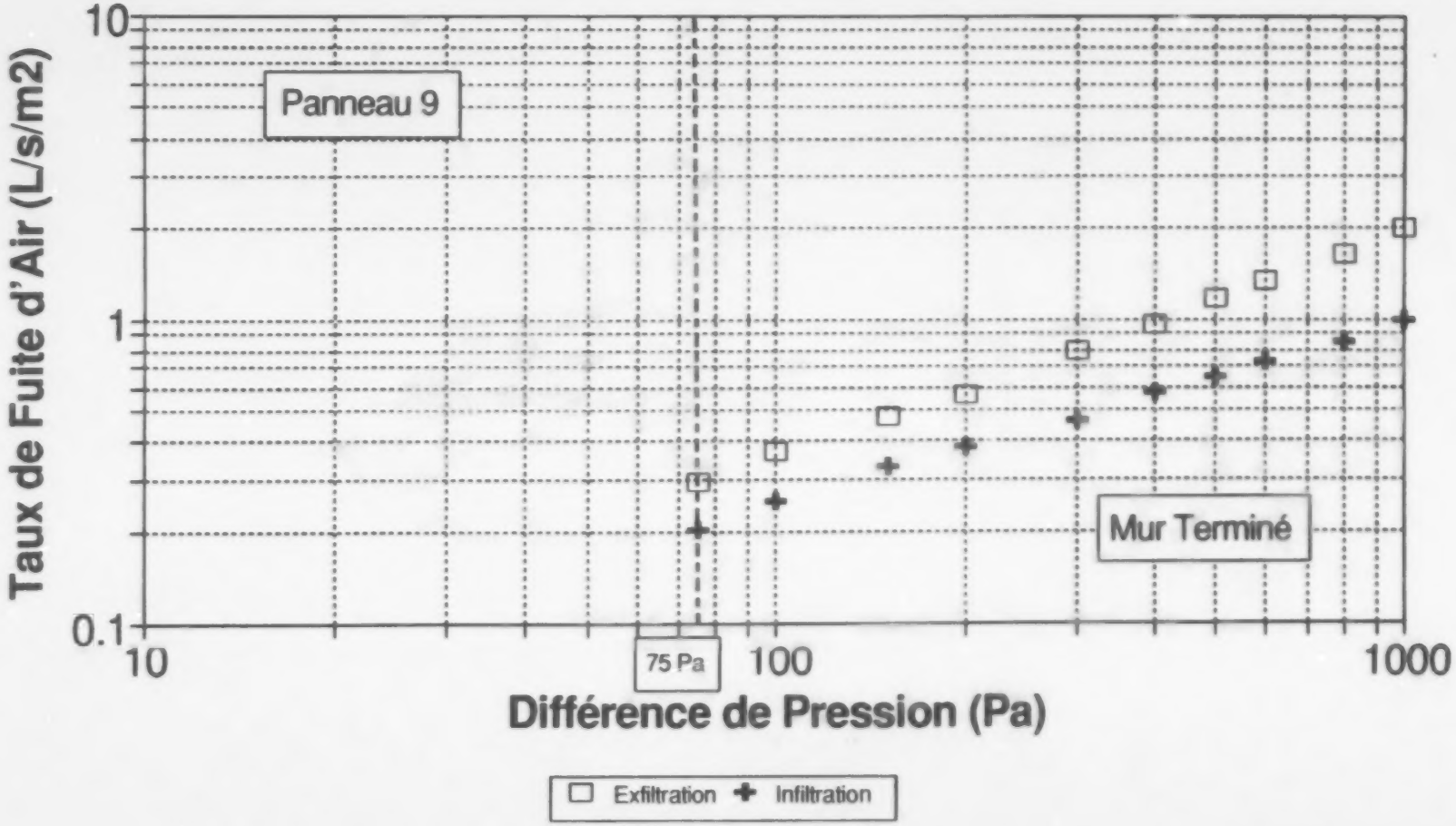
Graphique 25

ASSEMBLAGE DE FENETRE
MÉTHODE POLY



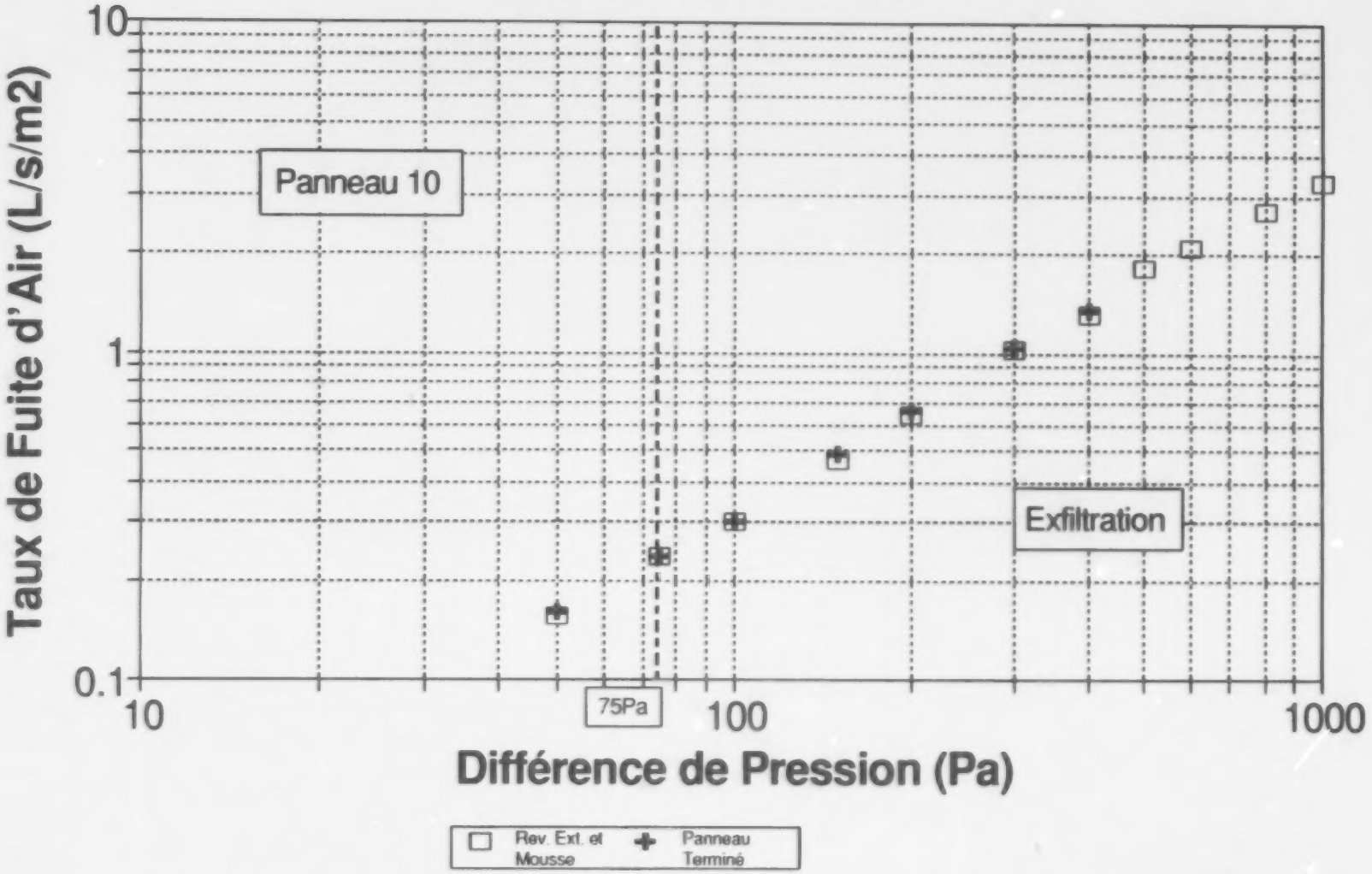
Graphique 26

ASSEMBLAGES DE FENETRE
MÉTHODE POLY



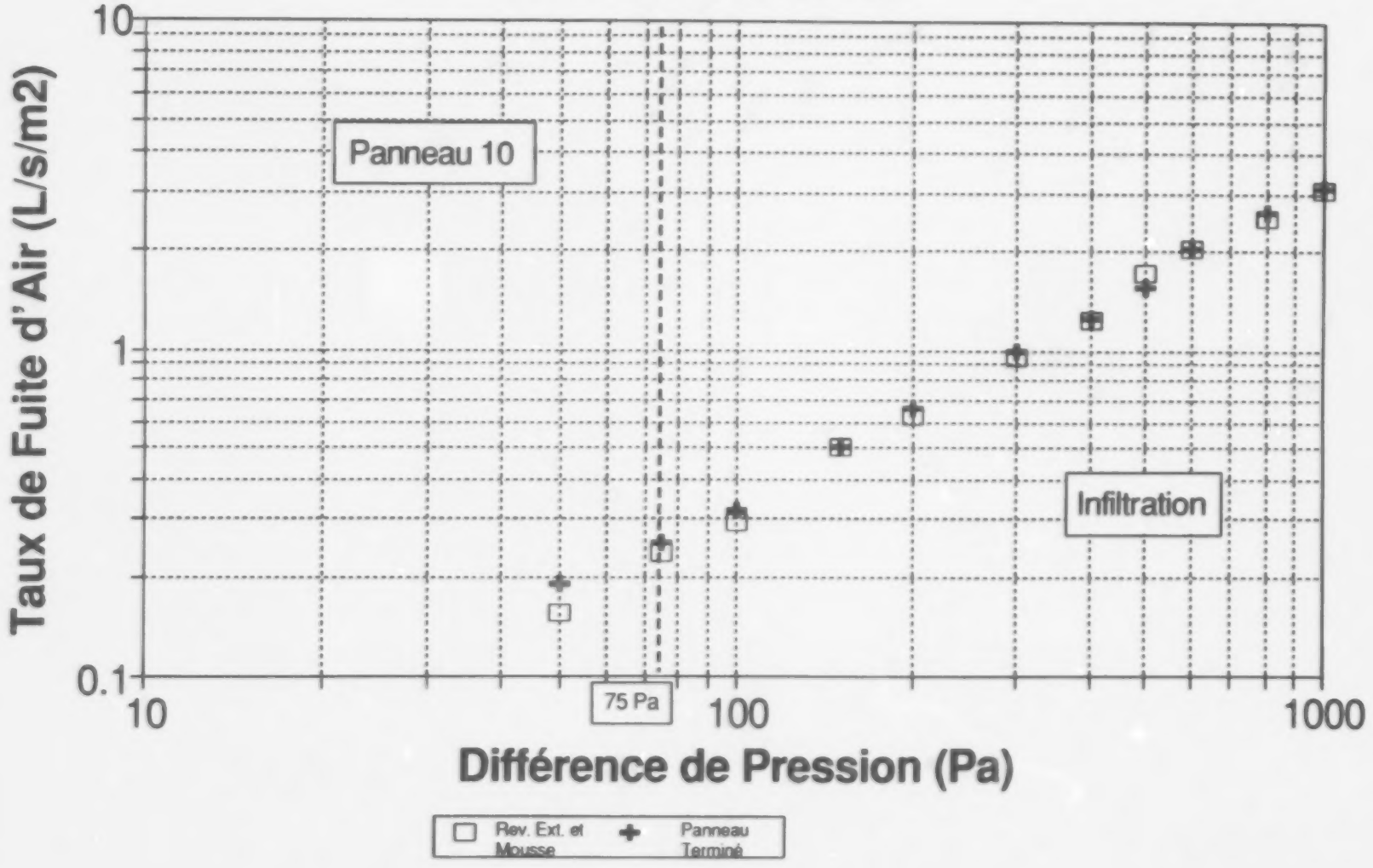
Graphique 27

ASSEMBLAGE DE FENETRE
MÉTHODE EASE



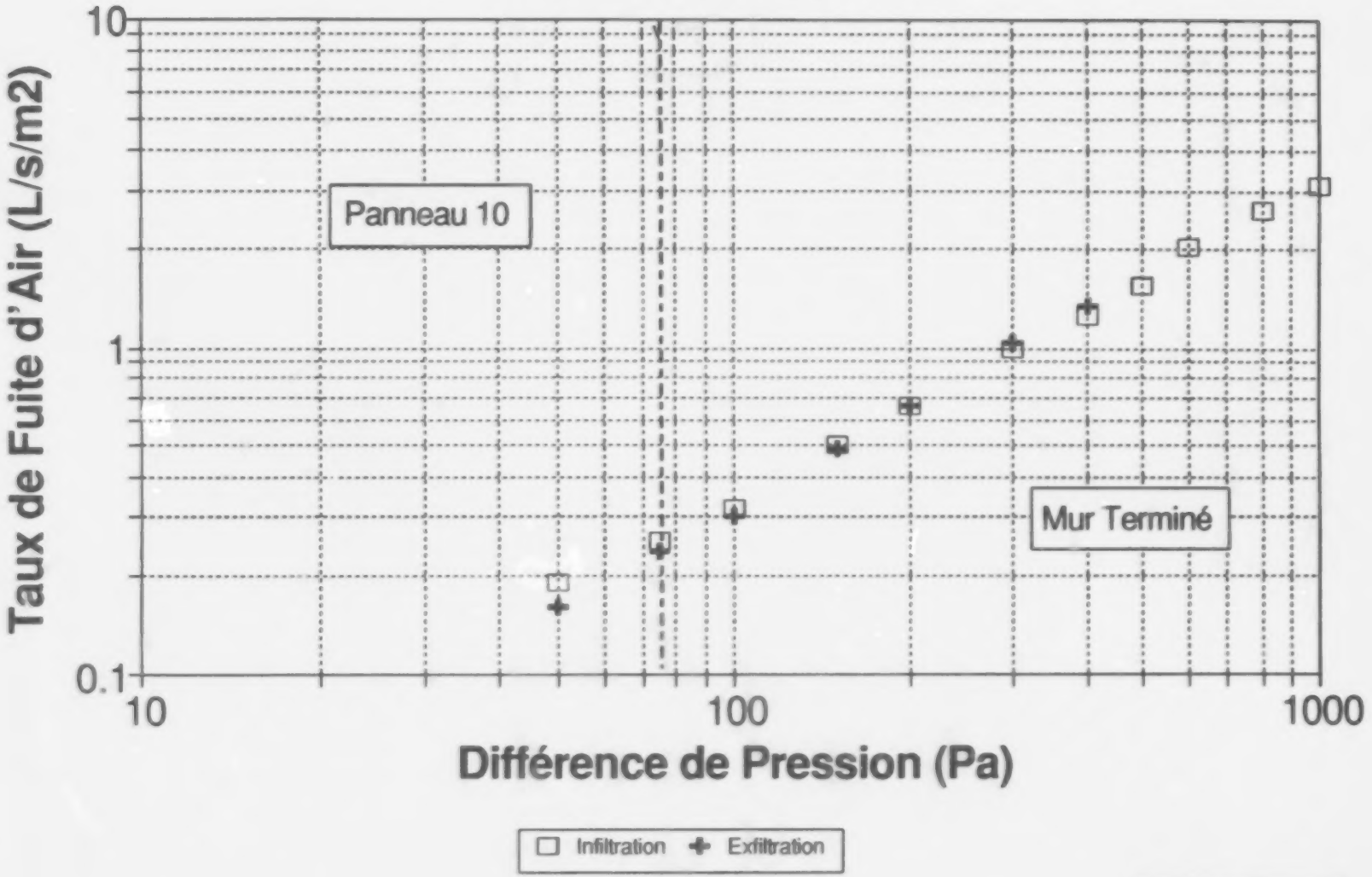
Graphique 28

ASSEMBLAGE DE FENETRE
MÉTHODE EASE



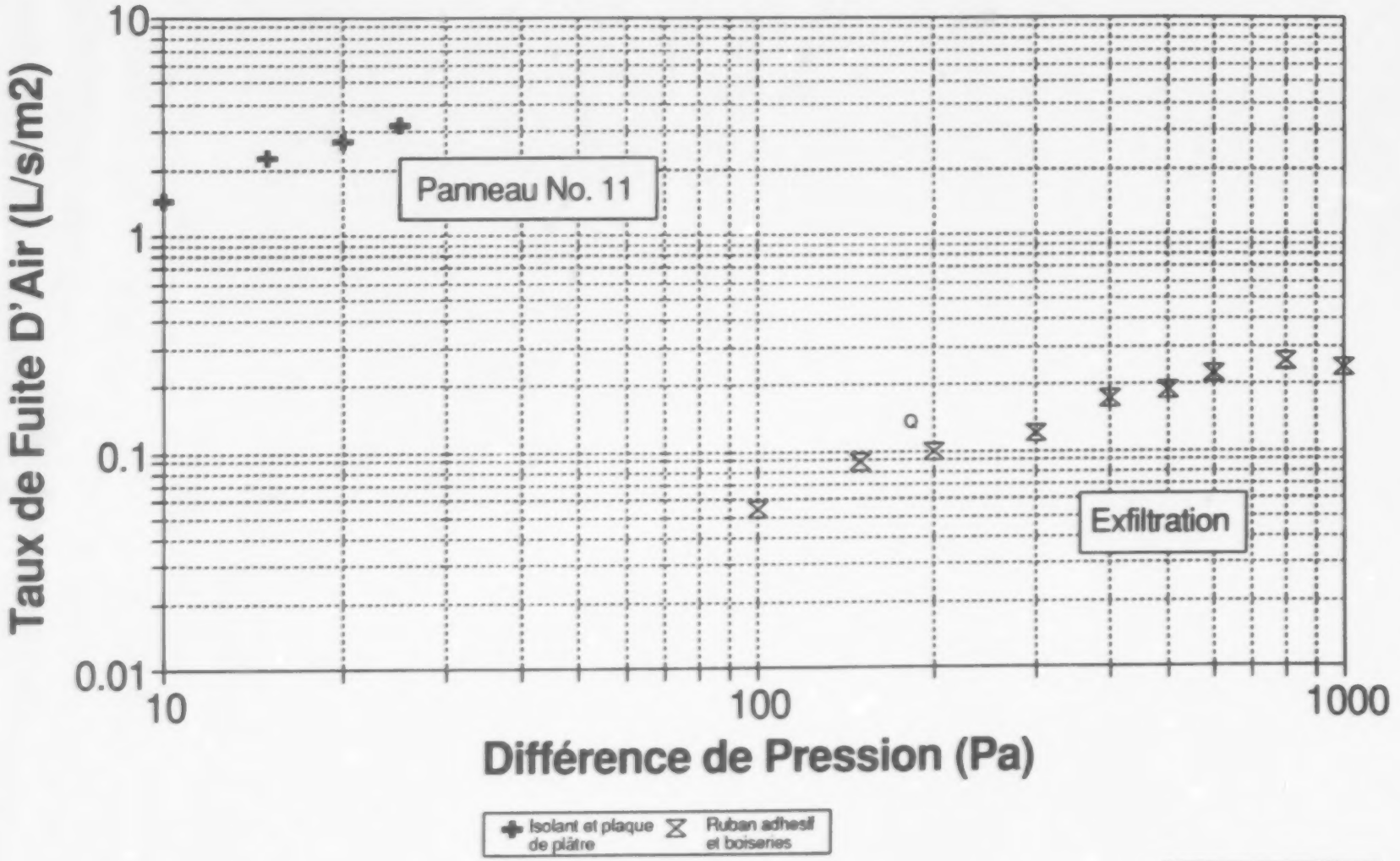
Graphique 29

ASSEMBLAGE DE FENETRE
MÉTHODE EASE



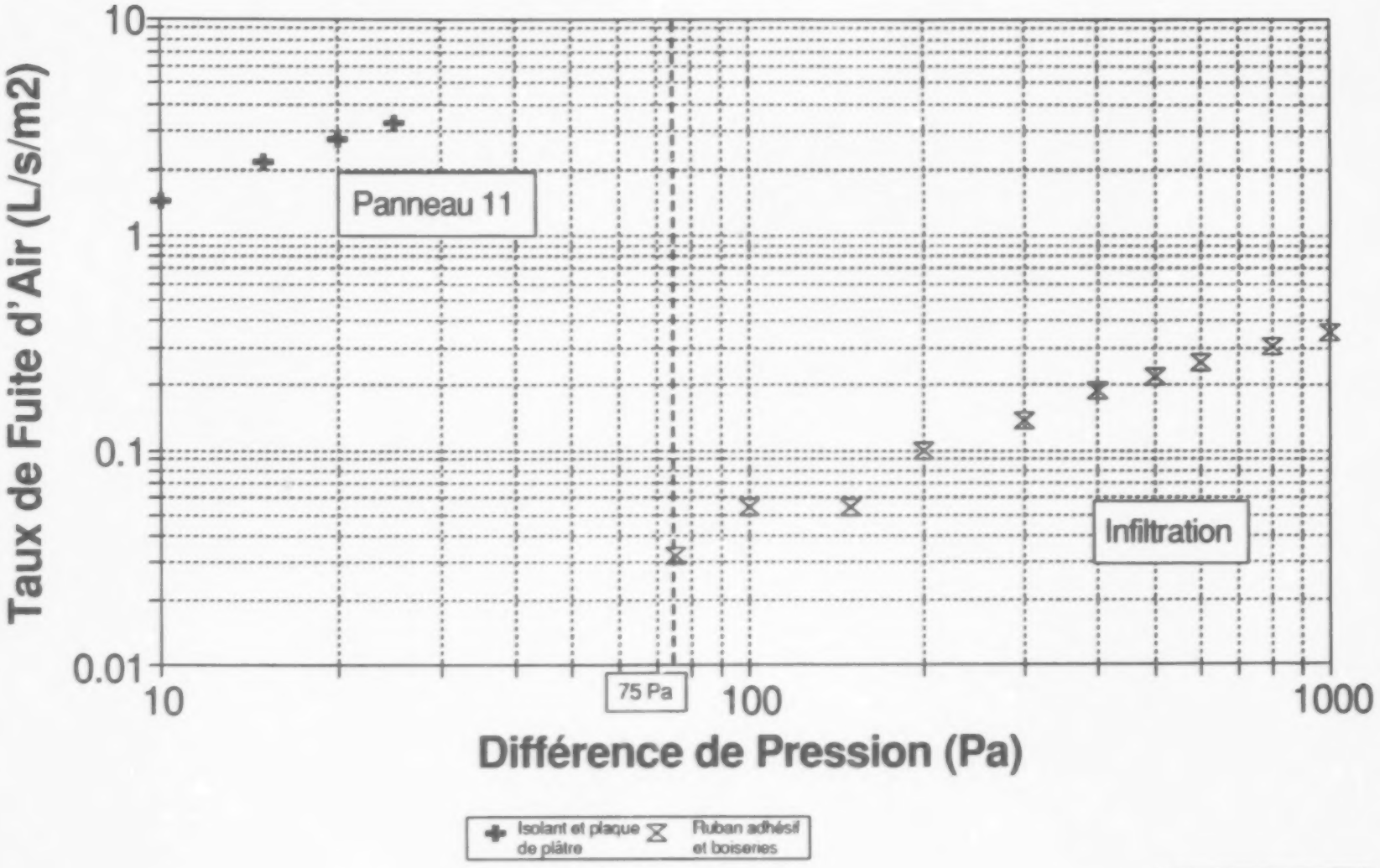
Graphique 30

ASSEMBLAGE DE FENETRE
MÉTHODE ADA



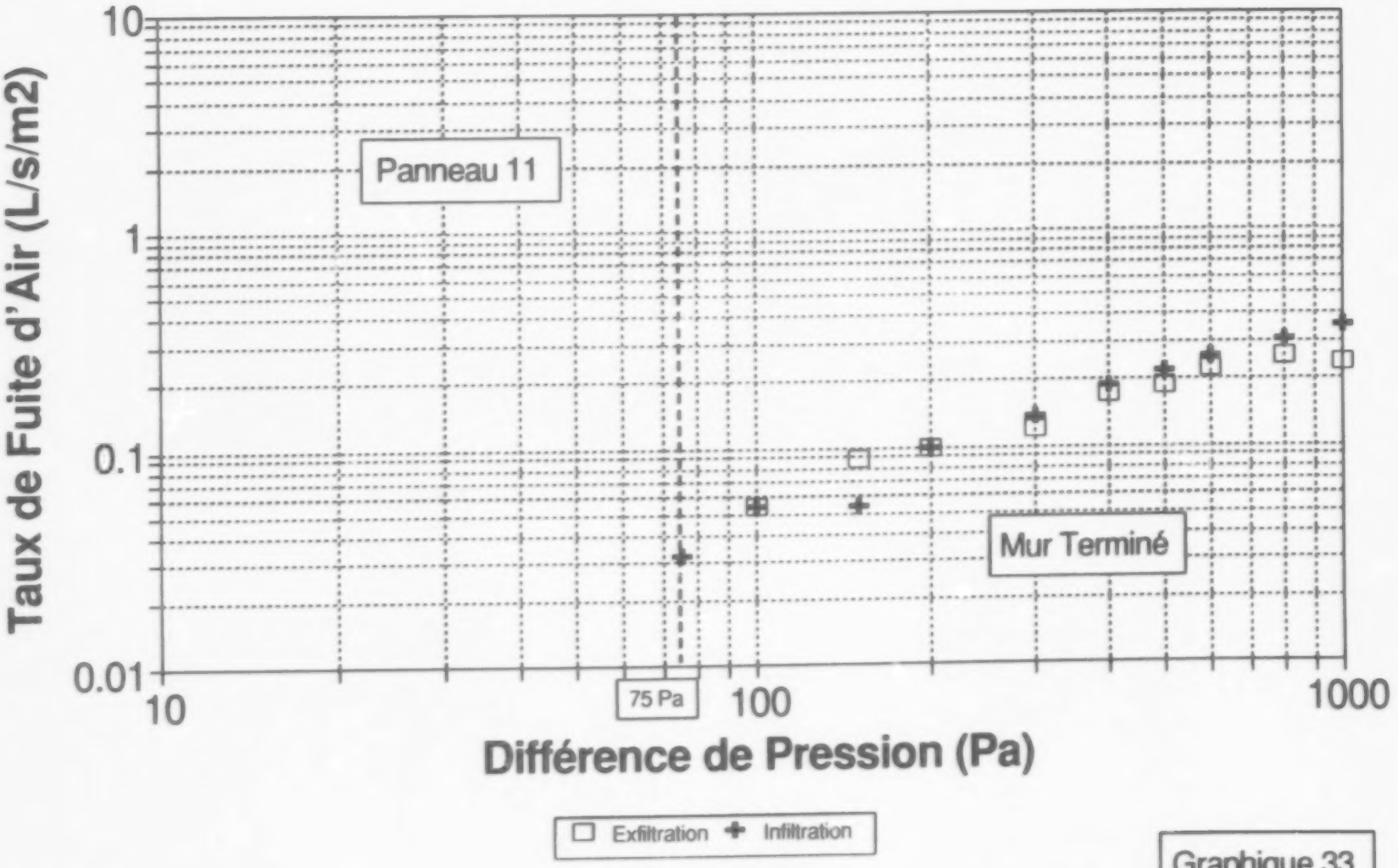
Graphique 31

ASSEMBLAGE DE FENETRE
MÉTHODE ADA



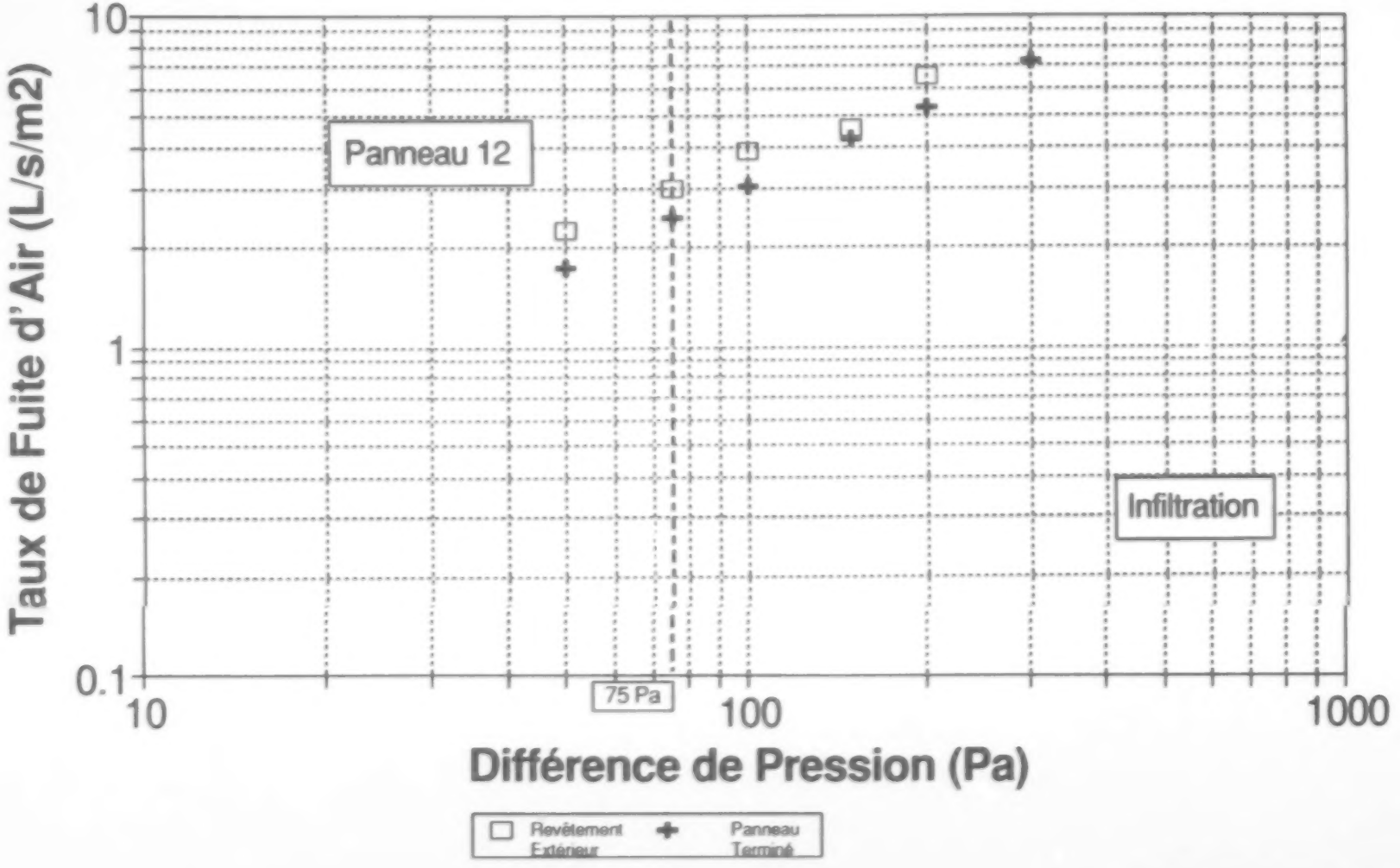
Graphique 32

ASSEMBLAGE DE FENETRE
MÉTHODE ADA



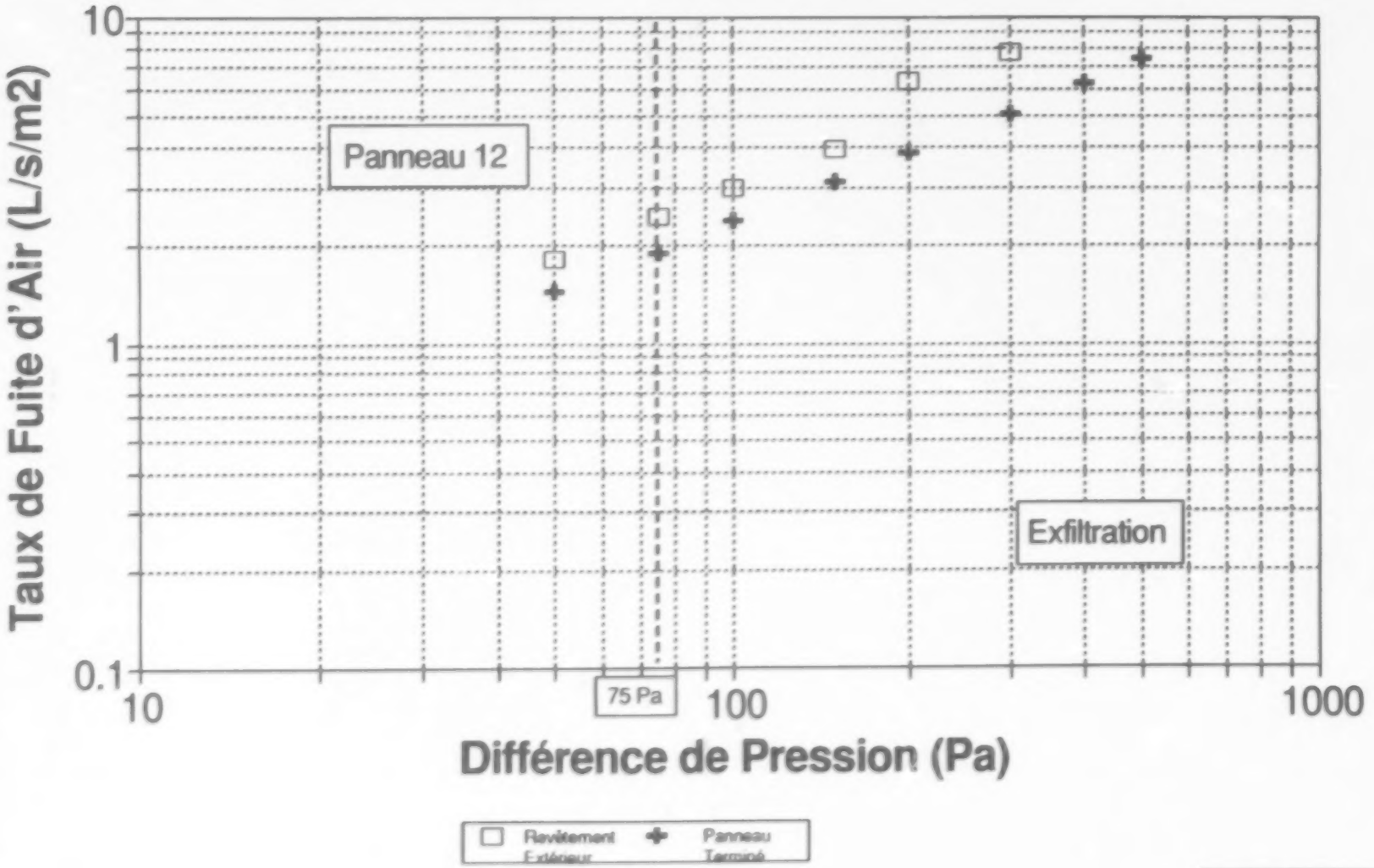
Graphique 33

ASSEMBLAGE DE FENETRE
MÉTHODE TRADITIONNELLE



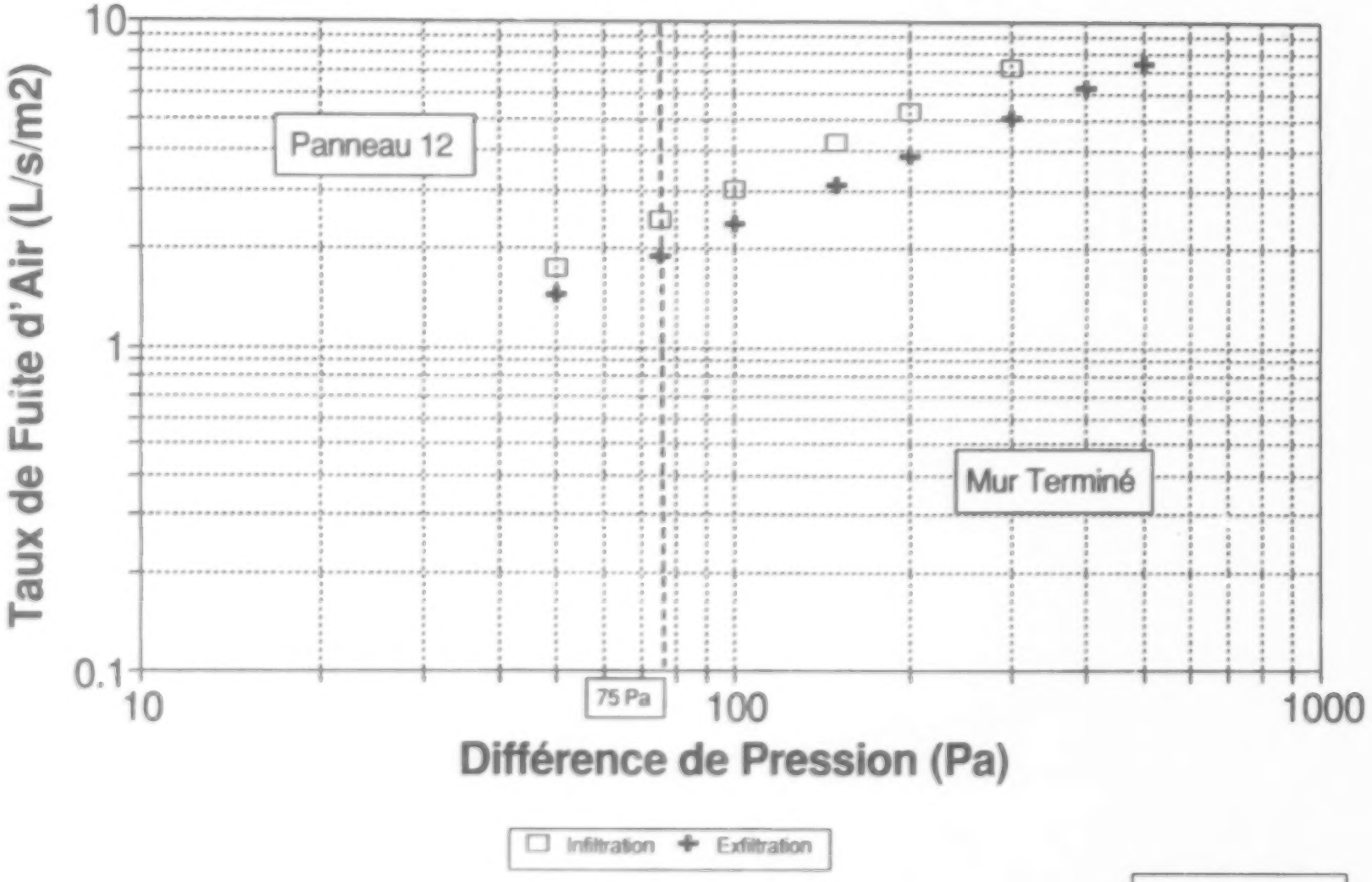
Graphique 34

ASSEMBLAGE DE FENETRE
MÉTHODE TRADITIONNELLE



Graphique 35

ASSEMBLAGE DE FENETRE
MÉTHODE TRADITIONNELLE



Graphique 36